

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RUEDA HIDRÁULICA PARA  
IMPULSAR AGUA DESDE UNA VERTIENTE CON MEDIANO CAUDAL  
HACIA UNA VIVIENDA A 300 M DE DISTANCIA EN PUERTO QUITO  
RECINTO LA MAGDALENA.**

**AUTOR:**

**ANDRÉS ALEJANDRO CÁCERES PÁEZ**

**DIRECTOR:**

**ING. MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

**QUITO, Abril 2015**

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por el señor: Andrés Alejandro Cáceres Páez, bajo mi supervisión.

.

---

Ing. Milton Salomón Jami.  
DIRECTOR DE TESIS

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Andrés Alejandro Cáceres Páez autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Andrés Alejandro Cáceres Páez  
CC. 171942153-7

## **DEDICATORIA**

A mis padres que siempre estuvieron pendientes a cada paso en mi carrera universitaria, guiándome, dándome aliento para continuar en esta larga travesía del profesionalismo.

A mis abuelos que me supieron acoger en su vivienda donde pasé todos estos años de estudiante.

A mis hermanos por estar presentes en momentos donde un consejo fue vital en la toma de una decisión.

:

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, por el respaldo y la enseñanza de sus maestros que me han brindado el conocimiento necesario para enfrentar una dura vida laboral, en especial agradezco al ingeniero Milton Jami que ha estado en todo momento en cuanto a preguntas o inquietudes que he tenido a lo largo del desarrollo de este proyecto.

## JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

**Justificación:** La instalación se llevará a cabo Puerto Quito recinto La Magdalena donde el agua tratada es escasa, por ende para el uso de regadío es nulo; haciendo que los habitantes se abastezcan del agua de una vertiente utilizando canecas, por esto se propone la construcción de una rueda hidráulica para solucionar en parte la insuficiencia del líquido vital.

Es un prototipo para solucionar problemas de la falta de agua en zonas rurales de nuestro país mediante la construcción de la rueda hidráulica, ya que existen fuentes hidráulicas que por sus condiciones especiales no son aprovechadas como fuentes de energía por ausencia de energía cinética o potencial. Tal es el caso de muchos riachuelos y quebradas en su estado natural.

Con esta construcción se trata de revivir una tecnología antigua que en otros países fue aplicada de manera exitosa y que ha ido disminuyendo por la aparición de otras fuentes energéticas, pero que aplicándoles a nivel rural tendrá un impacto tremendamente positivo.

Se ha planteado la construcción de la rueda hidráulica en este recinto aprovechando la existencia de fuentes hidráulicas, en este caso una pequeña vertiente que está a 200 metros de distancia de la vivienda donde habita la familia que se beneficiará con la instalación de la rueda hidráulica.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una rueda hidráulica para impulsar de agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a 300 m de distancia en Puerto Quito recinto la Magdalena.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Analizar la situación de caudal del sector, así como la viabilidad del proyecto.
- 2) Desarrollar el diseño de la rueda hidráulica, la cual permitirá impulsar un caudal de agua para satisfacer las necesidades de los habitantes de esta vivienda.
- 3) Construir la rueda hidráulica considerando todos los parámetros de diseño y cálculos respectivos.
- 4) Construir un estanque de captación con hormigón.
- 5) Realizar el montaje de la rueda hidráulica.

## **ALCANCE**

- 1.-**Analizar las condiciones de caudal para cubrir las necesidades de consumo doméstico y de riego que la familia habitante del recinto tienen.
- 2.-**Analizar la cantidad de litros-día de agua que necesitarán tanto las personas habitantes de la vivienda como el número de animales que tienen.
- 3.-**Se realizarán planos de construcción para la construcción de la Rueda Mecánica.
- 4.-** Construir la rueda para su posterior montaje.
- 5.-**Transportar el agua por una tubería de presión hacia la rueda con el fin impactar los álabes para hacer girar la rueda.
- 6.-**Montar la rueda en el lugar de diseño.
- 7.-** Transportar el agua hacia un tanque reservorio.



## **HIPÓTESIS**

Con una rueda hidráulica de 1m de diámetro dotada de 50 álabes, se impulsará agua para una casa a 300 metros de distancia mediante una manguera de  $\frac{3}{4}$  de pulgada en el recinto La Magdalena Puerto Quito.

## INDICE

PORTADA .	ii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	vi
OBJETIVOS .....	vii
OBJETIVO GENERAL.....	vii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	vii
ALCANCE .....	viii
HIPÓTESIS .....	ix
INDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	5
ESTUDIO DE LA RUEDA HIDRÁULICA .....	5
1.1 Energía Hidráulica. ....	5
1.2 Rueda Hidráulica .....	5
1.2.1 Historia de la Rueda Hidráulica.....	6
1.3 Criterios para la selección de un sistema de bombeo hidráulico. ....	7
1.3.1 Ventajas. ....	7
1.3.2 Ventajas económicas.....	8
1.3.3 Desventajas e inconvenientes .....	8
1.4 Clasificación: .....	8
1.4.1 Ruedas de cangilones con agua por encima.....	8
1.4.1.1 Que son los Cangilones.....	8
1.5 Rueda Hidráulica con impulsor espiral.....	9
1.5.1 Funcionamiento. ....	10
1.5.2 Historia y Teoría de la Espiral de la bomba .....	10

1.6	Fuentes de agua para abastecimiento .....	11
1.6.1	Tipos de fuentes de agua .....	12
1.6.1.1	Agua de lluvia.....	12
1.6.1.2	Aguas superficiales .....	12
1.6.1.3	Aguas subterráneas. ....	13
1.6.2	Selección del tipo de fuente .....	14
1.6.2.1	Manantiales.....	15
1.6.3	Cantidad de agua.....	16
1.6.3.1	Método de velocidad - área.....	17
1.6.4	Calidad de agua.....	18
1.6.4.1	Los requerimientos básicos para que el agua sea potable, son: .....	18
1.6.4.2	Toma de muestra para el análisis físico y químico: .....	18
1.6.4.3	Toma de muestra para el análisis bacteriológico: .....	19
1.6.4.4	Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua..	20
1.6.4.5	Limites provisionales para las sustancias tóxicas en el agua potable .....	20
1.6.4.5	Concentraciones de fluoruros recomendadas para el agua potable.....	21
1.6.5	Normas de calidad bacteriológica aplicables a los abastecimientos de agua potable .	21
1.6.5.1	El agua en la red de distribución.....	21
1.6.5.2	Al entrar en la red de distribución.....	21
1.7	Materiales Utilizados .....	22
1.7.1	Rodamientos .....	22
1.7.1.1	Rodamientos rígidos de bolas .....	23
1.7.2	Acero inoxidable AISI 304. ....	23
1.7.2.1	Descripción .....	23
1.7.2.2	Propiedades mecánicas .....	23
1.7.2.3	Propiedades físicas.....	24
1.7.2.4	Propiedades químicas .....	24
1.7.2.5	Usos .....	24
1.7.2.6	Tratamientos térmicos.....	24
1.7.3	Soldadura TIG.....	24
1.7.3.1	Descripción del proceso.....	24
CAPÍTULO II .....		26
2.1	Estudio de alternativas. ....	26
2.1.1	Alternativa 1 .....	26
2.1.1.1	Rueda hidráulica con bomba mecánica Rochfer.....	26

2.1.1.2 Funcionamiento. ....	26
2.1.1.3 Ventajas: .....	27
2.1.1.4 Desventajas: .....	27
2.1.2 Alternativa 2 .....	28
2.1.2.1 Bomba de agua centrífuga eléctrica. ....	28
2.1.2.2 Funcionamiento. ....	29
2.1.2.3 El motor .....	29
2.1.2.4 Especificaciones técnicas.....	30
2.1.2.5 Ventajas. ....	30
2.1.2.6 Desventajas. ....	30
2.1.3 Alternativa 3 .....	30
2.1.3.1 Rueda hidráulica con impulsor espiral.....	30
2.1.3.2 Funcionamiento. ....	31
2.1.3.3 Ventajas: .....	32
2.2 Selección del tipo de bomba a implementar en la rueda hidráulica. ....	32
2.2.1 Tabla de comparación.....	32
Tabla 2. 4 Escala de comparación.....	33
Elaborado por: Andrés Cáceres .....	33
CAPÍTULO III.....	34
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RUEDA HIDRÁULICA .....	34
3.1 Velocidad del agua a la salida del estanque de captación.....	34
3.1.1 Parámetros de caudal. ....	34
3.1.2 Velocidad tangencial de la Rueda Hidráulica. ....	36
3.1.3 El número de revoluciones se mide con la ecuación: .....	36
3.2 Diseño del rodete. ....	37
3.2.1 Diámetro del chorro .....	37
3.2.2 Número de álabes.....	38
3.2.3 Dimensión de los Álabes .....	38
3.3 Potencia con relación a la entrada del chorro impactada en el álabe. ....	39
3.3.1 Potencia de la Rueda Hidráulica .....	40
3.3.2 Torque de la Rueda Hidráulica. ....	40
3.4 Diámetro del Eje de la rueda.....	40
3.5 Longitud del impulsor espiral. ....	41
3.6 Abastecimiento de agua para el Recinto La Magdalena correspondiente a la vivienda del señor Alejandro Bravo. ....	42

3.7 Cálculo de la tubería perforada o desarenador.....	44
3.8 Tiempo de llenado del recipiente receptor.....	45
3.9 Cojinetes de contacto rodante .....	46
3.9.1 Relación carga – vida – confiabilidad.....	47
3.10 Diseño del tubo de pared delgada. ....	48
3.11 Teoría de energía de la máxima distorsión. ....	49
3.11.1 Caracterización de esfuerzo fluctuante. ....	50
3.12 Esfuerzo en Uniones soldadas sujetas a flexión.....	51
3.12.1 Resistencia de las uniones soldadas. ....	53
CAPÍTULO IV .....	54
DISEÑO DE LA RUEDA HIDRÚLICA .....	54
4.1 Velocidad del agua a la salida del estanque de captación.....	54
4.1.1 Determinación del caudal .....	54
4.2 Diseño del rodete .....	54
4.2.1 Diámetro del chorro .....	54
4.2.2 Diámetro del rodete tipo Pelton .....	55
4.2.3 Número de Álabes. ....	55
4.2.4 Dimensión de los Álabes. ....	55
4.2.4.1 Profundidad del cangilón .....	55
4.2.4.2 Altura del cangilón.....	56
4.2.4.3 Ancho del cangilón. ....	56
4.3 Potencia con relación en la entrada y salida del chorro impactada en el álabe.....	56
4.3.1 Velocidad periférica de la rueda hidráulica. ....	56
4.3.2 Número de revoluciones .....	57
4.4 Cálculo del torque de la Rueda .....	57
4.5 Cálculo del diámetro del eje. ....	58
4.5.1 Peso del agua dentro del espiral.....	58
4.5.2 Peso del Espiral.....	59
4.5.3 Peso de Anillo.....	59
4.5.4 Peso Accesorios .....	59
4.6 Diámetro del eje.....	61
4.7 Cálculo de la longitud de la manguera espiral. ....	62
4.8 Cálculo del abastecimiento de agua para el Recinto La Magdalena correspondiente a la vivienda de Alejandro Bravo. ....	63
4.9 Cálculo del diámetro de la manguera espiral .....	63

4.10 Cálculo de la tubería perforada o desarenador.....	65
4.11 Tiempo de llenado del recipiente receptor.....	66
4.12 Selección de Rodamientos.....	67
4.13 Diseño de Tubo de pared delgada.....	68
4.14 Soldadura en Álabes.....	69
4.15 Cálculo del Soporte de la Rueda Hidráulica.....	71
CAPÍTULO V.....	74
COSTOS.....	74
INTRODUCCIÓN.....	74
5.1 Costos Directos.....	74
5.1.1 Materiales directos de producción.....	74
5.1.2 Mano de obra directa de producción.....	74
5.1.3 Costos Indirectos.....	74
5.1.4 Materia prima.....	75
5.1.5 Costo de materia prima para la obra civil.....	75
5.1.6 Costo Mano de Obra directa.....	75
5.1.7 Costo de materia prima para la construcción de la Rueda Hidráulica.....	76
5.1.8 Costos de Mecanizado.....	76
5.1.9 Costos indirectos.....	78
5.1.10 Valor total proyecto Rueda Hidráulica.....	78
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
LISTA DE REFERENCIAS.....	81
ANEXOS.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Rueda hidráulica.....	5
Figura 1. 2 Historia de la rueda hidráulica.....	6
Figura 1. 3 Rueda de cangilones con agua por arriba .....	9
Figura 1. 4 Rueda hidráulica con impulsor espiral .....	9
Figura 1. 5 Fuente de agua lluvia.....	12
Figura 1. 6 Aguas superficiales.....	13
Figura 1. 7 Aguas subterráneas.....	14
Figura 1. 8 Manantiales .....	15
Figura 1. 9 Clasificación de los manantiales .....	16
Figura 1. 10 Medición de caudal – velocidad - área .....	17
Figura 2. 1 Rueda hidráulica con bomba Rochfer. ....	26
Figura 2. 2 Cisterna o estanque para bomba Rochfer. ....	27
Figura 2. 3 Cisterna o estanque para bomba Rochfer. ....	29
Figura 2. 4 Rueda hidráulica con impulsor espiral .....	31
Figura 3. 1 Estanque con orificio de desfogue circular .....	34
Figura 3. 2 Medición del caudal.....	35
Figura 3. 3 Estanque con tubo cilíndrico adicional de un mismo diámetro.....	36
Figura 3. 4 Rango de medidas del álabe.....	39
Figura 3. 5 Número de pistas.....	42
Figura 3. 6 Abastecimiento de agua.....	43
Figura 3. 7 Tubería perforada o desarenador.....	44
Figura 3. 8 Recipiente receptor.....	45
Figura 3. 9 Tubos de paredes delgadas.....	48
Figura 3. 10 Teoría de Von Mises.....	50
Figura 3. 11 Voladizo de sección transversal.....	51
Figura 4. 1 Diagrama de cuerpo libre Eje.....	58
Figura 4. 2 Longitud de la manguera .....	63
Figura 4. 3 Dimensiones estanque de captación.....	65
Figura 4. 4 Dimensiones recipiente receptor .....	66
Figura 4. 5 Cordón de soldadura en álabe.....	69
Figura 4. 6 Diagrama de cuerpo libre soporte.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Sustancias y propiedades del agua para uso doméstico .....	20
Tabla 1. 2 Sustancias toxicas en el agua .....	20
Tabla 1. 3 Promedio de temperaturas en el aire .....	21
Tabla 2. 1 rpm bombas Rochfer.....	27
Tabla 2. 2 Modelos de Bombas Rochfer.....	28
Tabla 2. 3 Especificaciones técnicas Bombas Rochfer .....	30
Tabla 2. 4 Escala de comparación.....	33
Tabla 2. 5 Tabla comparativa para diferentes sistemas de bombeo.....	33
Tabla 2. 1 rpm bombas Rochfer.....	27
Tabla 2. 2 Modelos de Bombas Rochfer.....	28
Tabla 2. 3 Especificaciones técnicas Bombas Rochfer .....	30
Tabla 2. 4 Escala de comparación.....	33
Tabla 2. 5 Tabla comparativa para diferentes sistemas de bombeo.....	33
Tabla 3. 1 Resistencia a la tensión y Fluencia Acero 4340.....	41
Tabla 3. 2 Vida útil de cojinetes .....	46
Tabla 3. 3 Factor de carga de cojinetes.....	47
Tabla 3. 4 Esfuerzo en uniones soldadas sujetas a flexión .....	52
Tabla 3. 5 Resistencia en uniones soldadas .....	53
Tabla 3. 6 Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete .....	53
Tabla 4. 1 Abastecimiento de agua .....	63
Tabla 5. 1 Costos materia prima estanque captación.....	75
Tabla 5. 2 Costos materia prima Rueda hidráulica .....	76
Tabla 5. 3 Costos de mecanizado.....	77
Tabla 5. 4 Costos indirectos.....	78
Tabla 5. 5 Costo total proyecto rueda hidráulica .....	78



## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene la finalidad de implementar una rueda mecánica de 1 metro de diámetro construida en su totalidad de acero inoxidable y dotada de 50 álabes para bombeo de agua desde una vertiente.

En el capítulo I se da una definición de energía hidráulica y la importancia de esta para hacer trabajar la rueda hidráulica, también se estudia la historia de la rueda hidráulica, las ventajas y criterios para la selección de este sistema de bombeo.

Se define los tipos de fuente de agua, tales como, aguas subterráneas, se estudia las sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua.

Por último se estudian los materiales a utilizarse en la construcción de la rueda hidráulica

En el capítulo II se realiza el estudio de alternativas con rueda que utiliza bomba Rochfer, rueda con bomba eléctrica y rueda con impulsor espiral.

En el capítulo III se determinan los parámetros de diseño.

En el capítulo IV se diseña la rueda hidráulica partiendo de la velocidad del agua a la salida del estanque de captación, se determina el caudal, se diseña el rodete, número y dimensionamiento de álabes, diámetro, revoluciones por minuto, velocidad periférica y torque de la rueda.

En el capítulo V se analizan los costos directos e indirectos, costos de materia prima, costos de mano de obra directa e indirecta tanto de la obra civil como de la construcción de la rueda hidráulica.

Y finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones y anexos.

## **ABSTRACT**

This current Project has the purpose of implements a mechanical wheel of wide 1 meter, which is built entirely of stainless steel and equipped with 50 blades for pumping water from spring steel.

In chapter I provides a definition of hydropower and the importance of this to work the waterwheel, the history of the water wheel as well an also study the advantages and criteria for selection of the pumping system.

Types of water source, such as groundwater, chemical properties in substances that influence the acceptability of water are studied and defined.

Finally the materials for using in the waterwheel construction are studied.

In chapter II the study of alternatives between uses Rochfer water pump, electric pump and spiral wheel pump are performed.

In chapter III design parameters are determined.

In chapter IV the water wheel from the water speed pond outlet pickup is designed, the flow rote is determined, the numbers and dimensions of blades are determined; diameter, rpm, peripheral speed and torque of the wheel are designed as well.

In chapter V, the direct and indirect costs, raw material costs, direct labor costs and indirect labor both civil engineering and construction of the waterwheel are discussed.

And finally the conclusions, recommendations and annexes are presented.

## **INTRODUCCIÓN**

En nuestro país la construcción de grandes proyectos como hidroeléctricas ha sido de gran viabilidad por las grandes fuentes energéticas existentes como la energía hidroeléctrica. Sin embargo el abastecimiento de agua a nivel rural es deficiente.

Los elevados costos de equipos de bombeo como bombas eléctricas o bombas que utilizan combustible fósil para su funcionamiento y por su difícil transporte ha hecho que el presente proyecto reviva una tecnología antigua creada por Filón de Bizancio en el siglo III a. C y que fue aplicada con éxito en varias partes del mundo.

El hombre desde sus inicios se ha visto en la necesidad de transportar el agua hacia lugares como viviendas para uso doméstico, terrenos para regadío, etc. Lo cual lleva a la necesidad de ingeniar un método simple, económico y sobretodo eficaz de transporte de agua para el sector de Puerto Quito recinto La Magdalena.

## GLOSARIO

**Altura de bombeo:** Es la altura medida en metros desde donde se realiza el bombeo hasta un estanque o reservorio de almacenamiento.

**Combustible fósil:** Combustible que procede de la descomposición natural de la materia orgánica a lo largo de millones de años, como el petróleo, el carbón mineral o el gas natural.

**Cangilón:** Un arcaduz o cangilón es un recipiente usado para el transporte de agua como complemento de un ingenio motriz. Originalmente fabricados en arcilla, madera o metales.

**Carga Dinámica:** La que considera además del peso, las fuerzas que se producen por el movimiento.

**Carga Estática:** La que considera el peso exclusivamente.

**Carga radial:** Cuando los mecanismos transmiten el movimiento, se genera una carga radial en el extremo del eje.

**Desarenador:** Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar

**Diámetro Pelton:** Es el diámetro del rodete de la turbina Pelton en la cual se considera la altura de sus álabes.

**Distancia de bombeo:** Recorrido que realizará el agua bombeada desde la rueda hasta el estanque de almacenamiento.

**Energía Cinética:** La energía cinética de un cuerpo es aquella energía que posee debido a su movimiento.

**Energía Hidráulica:** Se denomina energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

**Energía Potencial:** La energía potencial es una energía que resulta de la posición o configuración del objeto. Un objeto puede tener la capacidad para realizar trabajo como consecuencia de su posición en un campo gravitacional (energía potencial gravitacional), un campo eléctrico (energía potencial eléctrica), o un campo magnético (energía potencial magnética). Puede tener energía potencial elástica como resultado de un muelle estirado u otra deformación elástica.

**Energía renovable:** Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocombustibles.

**Momento torsor:** Se denomina momento torsor a la componente paralela al eje longitudinal del momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal del prisma mecánico.

**Rodete de una turbina:** Es el corazón de la turbina, ya que aquí tiene lugar el intercambio de energía entre la máquina y el fluido. En forma general, la energía del fluido al momento de pasar por el rodete es una suma de energía cinética, energía de presión y energía potencial.

**Salto hidráulico:** Distancia desde donde se captara el agua hasta donde se ubicará la rueda hidráulica, medida en metros. Cuanto mayor es el salto hidráulico, mayor será el potencial energético para un mismo caudal, y en consecuencia, menor será el tamaño requerido de la turbina para producir la misma cantidad de energía.

**Soldadura de filete:** Soldadura de una sección aproximadamente triangular, uniendo dos superficies que están relativamente en ángulo recto una de otra, en uniones sobrepuestas, en "T" o esquinas.

**Sólidos en suspensión:** Los sólidos en suspensión son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua.

**Velocidad angular:** La velocidad angular es una medida de la velocidad de rotación. Se define como el ángulo girado por una unidad de tiempo y se designa mediante la letra griega  $\omega$ .

**Velocidad periférica:** La velocidad tangencial es igual a la velocidad angular por el radio. Se llama tangencial porque es tangente a la trayectoria.

**Vertedero hidráulico:** El vertedero hidráulico o aliviadero es una estructura hidráulica destinada a permitir el pase, libre o controlado, del agua en los escurrimientos superficiales; siendo el aliviadero en exclusiva para el desagüe y no para la medición. Existen diversos tipos según la forma y uso que se haga de ellos, a veces de forma controlada y otras veces como medida de seguridad en caso de tormentas en presas.

## CAPÍTULO I

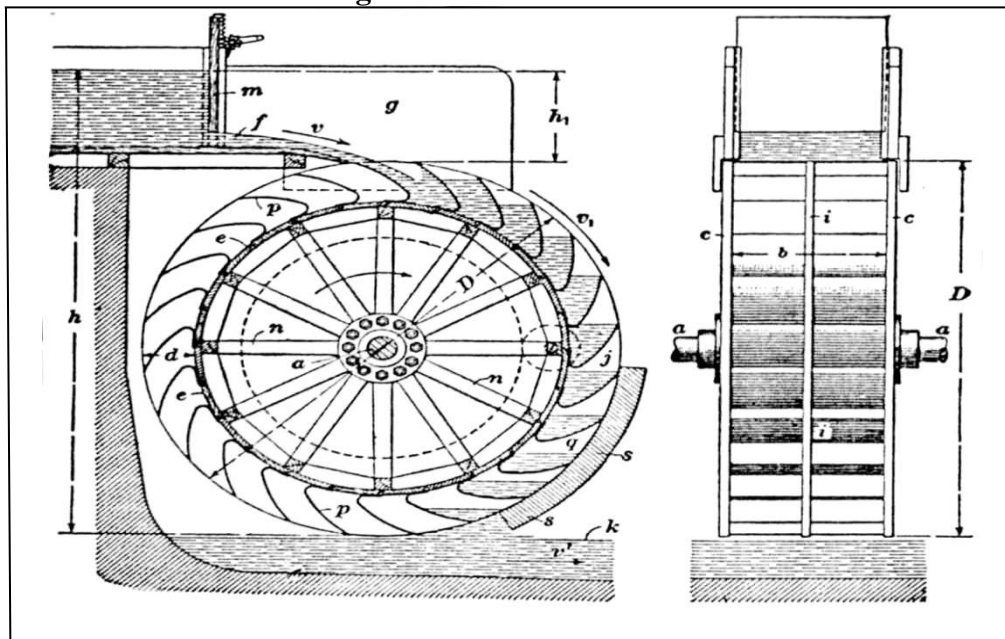
### ESTUDIO DE LA RUEDA HIDRÁULICA

#### 1.1 Energía Hidráulica.

Se denomina **energía hidráulica**, **energía hídrica** o **hidroenergía** a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

#### 1.2 Rueda Hidráulica

**Figura 1. 1** Rueda hidráulica



**Fuente:** Cardona, 1985, pág. 24

Considerado el más antiguo de los motores hidráulicos la cual está constituida por una serie de palas dispuestas en forma de rueda; en la cual el agua, al caer, choca contra las palas e impulsa a éstas con lo que se consigue el movimiento de la rueda.

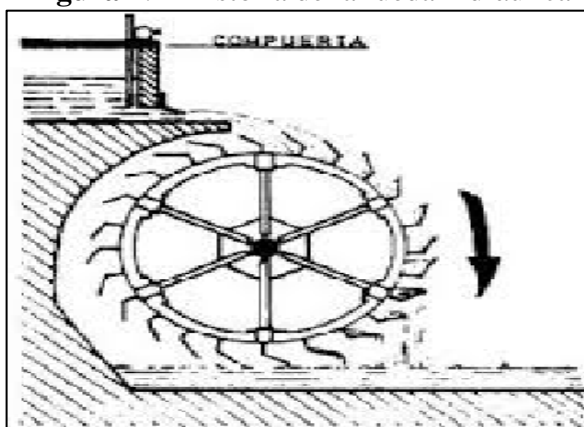
La Rueda Hidráulica transforma la energía hidráulica del recurso hídrico (río) en energía mecánica. Esto se logra utilizando como elemento motor una rueda hidráulica con diversas innovaciones constructivas y una bomba de desplazamiento positivo, dimensionada de acuerdo al salto hidráulico y caudal del río a utilizar.

La rueda hidráulica aprovecha la energía cinética del agua que circula por el río, arroyo o canal de poca pendiente. Mediante un mecanismo de biela-manivela, el giro de la rueda se transforma en movimiento lineal alternativo para accionar la bomba que eleva el agua desde el río hasta el nivel de descarga deseado.

Es una alternativa de solución al problema de elevación de agua cuando el agua que circula por el río, arroyo o canal, tiene poca pendiente y no permite la instalación de bombas de ariete o turbo bombas.

### 1.2.1 Historia de la Rueda Hidráulica

**Figura 1. 2** Historia de la rueda hidráulica



**Fuente:** Cardona, 1985, pág. 24

La utilización de la energía hidráulica data de la época de los griegos, quienes empleaban la rueda hidráulica llamada noria, que inventó Filón de Bizancio en el siglo III a.C, para bombear agua. Sin embargo, las primeras referencias detalladas de la rueda hidráulica, así como sus aplicaciones son desde los tiempos del imperio romano, cuando aparece la rueda hidráulica horizontal, también llamada “molino romano” y el molino de rueda vertical de paletas, que generalmente es denominado “molino tipo vitruviano”, llamado así en honor al Ingeniero romano Vitruvio quien estudió y documentó este tipo de rueda, que desarrollaron los romanos ante la insatisfacción con la rueda horizontal de los griegos debido a su baja eficiencia. Este



tipo de molino descrito por Vitruvio fue el más común por muchos siglos, no solo en Europa sino también en América, principalmente en el norte del continente.

### **1.3 Criterios para la selección de un sistema de bombeo hidráulico.**

- Caudal de agua disponible litros por segundo.
- Salto hidráulico: Distancia desde donde se captara el agua hasta donde se ubicara la rueda hidráulica, medida en metros. Cuanto mayor es el salto hidráulico, mayor será el potencial energético para un mismo caudal, y en consecuencia, menor será el tamaño requerido de la turbina para producir la misma cantidad de energía.
- Altura de bombeo: Es la altura medida en metros desde donde se realiza el bombeo hasta un estanque de almacenamiento que abastecerá de agua a la vivienda.
- Distancia de bombeo: Recorrido que realizará el agua bombeada desde la rueda hasta el estanque de almacenamiento, medida en metros.
- Demanda de agua para el riego: agua requerida en litros por día para su uso productivo.

#### **1.3.1 Ventajas.**

Se trata de una energía renovable de alto rendimiento energético.

- Debido al ciclo del agua su disponibilidad es inagotable.
- Es una energía totalmente limpia, no emite gases, no produce emisiones tóxicas, y no causa ningún tipo de lluvia ácida y, desde este punto de vista, es ecológica.

Además, los embalses que se construyen para generar energía hidráulica:

- Permiten el almacenamiento de agua para abastecer fácilmente a actividades recreativas o sistemas de riego.

- Su mantenimiento es de bajo costo.

### **1.3.2 Ventajas económicas**

La gran ventaja de la energía hidráulica es la eliminación de combustibles. El coste de operar una rueda hidráulica es casi inmune a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles como petróleo, el carbón o el gas natural.

### **1.3.3 Desventajas e inconvenientes**

- Su costo de construcción es alto pero sin duda alguna esta construcción va a tener un beneficio a mediano plazo, ya que su costo de mantenimiento es bajo y no necesitará ningún tipo de combustible fósil para su funcionamiento.
- El transporte de la rueda para su instalación es complejo, ya sea por el peso o por la lejanía del lugar donde se instalan.

## **1.4 Clasificación:**

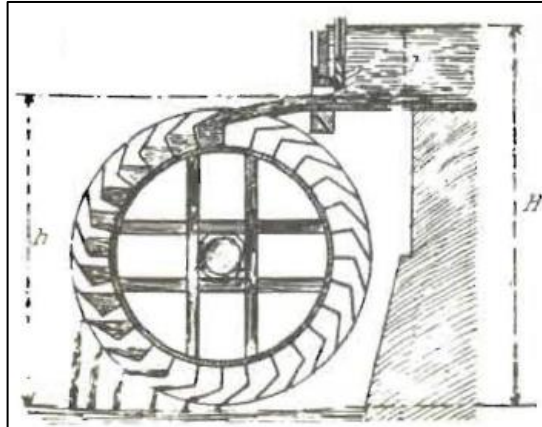
- a) Por la forma de los órganos que recogen la energía de agua, las ruedas pueden ser de cajones o de paletas.
- b) Por la formas como se verifica la admisión, se distinguen tres tipos:
  - Ruedas con agua por debajo.
  - Ruedas con agua de costado o de lado.
  - Ruedas con agua por encima.

### **1.4.1 Ruedas de cangilones con agua por encima.**

#### **1.4.1.1 Que son los Cangilones.**

Un **arcaduz** o **cangilón** es un recipiente usado para el transporte de agua como complemento de un ingenio motriz. Originalmente fabricados en arcilla, madera o metales.

**Figura 1. 3** Rueda de cangilones con agua por arriba

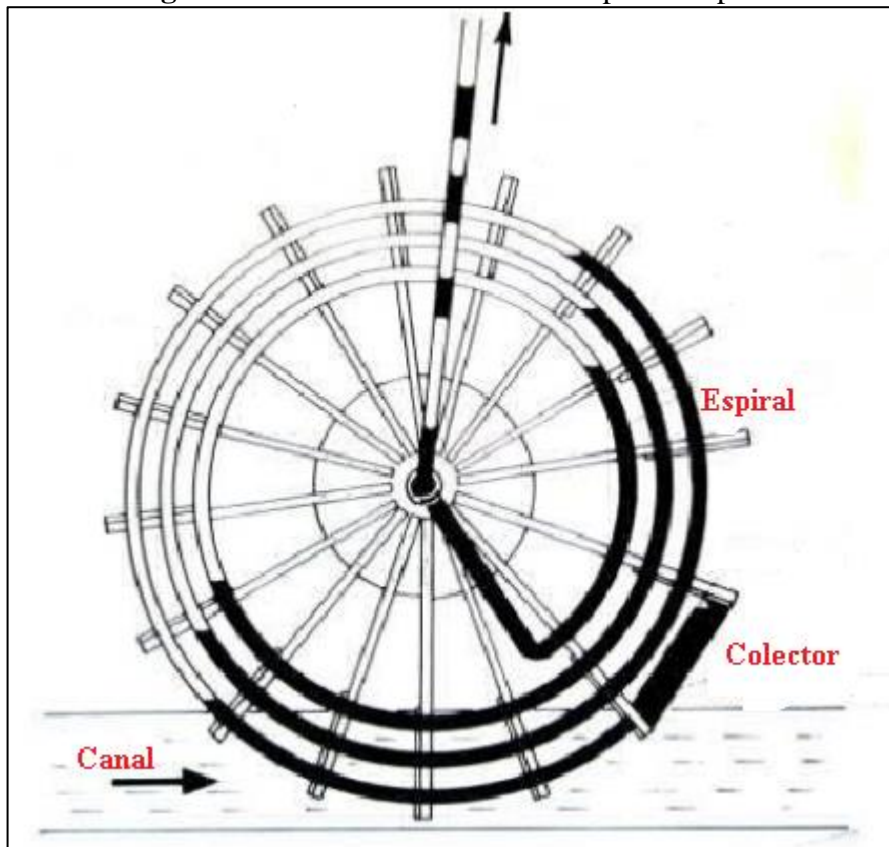


**Fuente:** Cardona 1985, pág. 24

Estas ruedas se usan generalmente para aprovechar grandes saltos de agua. Se componen de un diámetro exterior y por un fondo cilíndrico o tambor que comprenden las paletas curvas que reciben el agua por la parte superior y la conservan hasta alcanzar la parte inferior de la carrera. La forma de los cangilones es muy variable.

### 1.5 Rueda Hidráulica con impulsor espiral

**Figura 1. 4** Rueda hidráulica con impulsor espiral



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

### **1.5.1 Funcionamiento.**

Los tubos en espiral, se fija a la rueda de manera que estos giren juntos. El colector de agua conectado con el extremo exterior de la espiral de tubo transporta una buena cantidad de agua que pasa por el canal y se eleva por encima del él. Este núcleo de agua pasa a través de la espiral seguido por un núcleo de aire a medida que gira la rueda. Una nueva base de agua se forma en todas las revoluciones, y un nuevo núcleo de aire. Así, una serie de núcleos de agua y el aire se forman dentro de cada pista en espiral que gira la rueda. Las pistas en espiral entregan su agua y aire en el eje de la rueda a un tubo estático, que suministra agua al depósito.

Cuando la rueda gira en una carga, la presión se genera dentro de cada pista del tubo en espiral, el agua en las pistas de aumento es más alta que en las pistas descendente. Estos núcleos de agua en el tubo en espiral comprimen el aire entre ellos en su viaje alrededor del espiral y el agua y el aire son expulsados a presión en el tubo ubicado junto al eje. El flujo de agua por la tubería estática va en aumento y se acelera por el escape de aire comprimido, este efecto ayuda a elevar el agua al depósito.

### **1.5.2 Historia y Teoría de la Espiral de la bomba**

En algunos casos los registros de la tecnología pre-industrial puede ser una fuente de conceptos que pueden ser actualizados con materiales modernos y modificados para ser utilizados en los esfuerzos de hoy la transferencia de tecnología. En una investigación reciente, Pedro de Internet, curador del Museo Parque Eólico en Martha's Vineyard, Massachusetts, descubrieron una invención de doscientos cuarenta años de edad que tiene un gran potencial.

Con un costo bajo, la bomba de baja tecnología se utilizaba para determinadas situaciones. Esta invención es la espiral de la bomba creada en 1746 por HA Wirtz, en Zúrich, Suiza. Wirtz inventó la espiral de la bomba para abastecer de agua a un

medio de obras en las afueras de Zúrich. Poco se sabe sobre el inventor o las circunstancias que lo llevó a crear la bomba. Probablemente era consciente de la forma tubular del tornillo de Arquímedes. Ambas bombas habían existido durante cientos de años. La bomba espiral de Wirtz fue construido de modo que el extremo de la pista exterior de la tubería se abría en una bola. La pista interna llevó al centro de la rueda, donde se unió a un montaje giratorio en el eje de la máquina.

### **1.6 Fuentes de agua para abastecimiento**

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando solo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores al centro poblado.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población.

De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas. En el presente capítulo se desarrollan los tipos, selección, cantidad y calidad de fuentes de agua.

## **1.6.1 Tipos de fuentes de agua.**

### **1.6.1.1 Agua de lluvia**

La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico. En la siguiente figura se muestra la captación del agua de lluvia mediante el techo de una vivienda.

**Figura 1. 5** Fuente de agua lluvia



Fuente: Cepes.org.pe

### **1.6.1.2 Aguas superficiales**

Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario

para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

**Figura 1. 6** Aguas superficiales



**Fuente:** Cepes.org.pe

#### **1.6.1.3 Aguas subterráneas.**

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos excavados y tubulares. En la figura se observa una de las muchas formas de aprovechamiento del agua subterránea con fines de consumo humano.

**Figura 1. 7** Aguas subterráneas



Fuente: Cepes.org.pe

### **1.6.2 Selección del tipo de fuente**

En la mayoría de poblaciones rurales de nuestro país, existen dos tipos de fuentes de agua: superficial y manantial subterránea. La primera representada por las quebradas, riachuelos y ríos, que generalmente conduce agua contaminada con la presencia de sedimentos y residuos orgánicos; siendo necesario plantear para su captación un sistema de tratamiento, que implica la construcción de obras civiles como bocatomas, desarenadores, cámaras de filtros e instalación de sistemas de cloración. Plantear dicha alternativa representa un costo elevado y en la mayoría de centros poblados rurales del país esta propuesta no tiene resultado satisfactorio debido principalmente al mantenimiento que requiere el sistema.

La segunda alternativa representada por manantiales localizados en la parte más alta de la población, generalmente tiene agua de buena calidad, y es el tipo de fuente considerada en los sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento. Esta alternativa será desarrollada en el presente capítulo.



### 1.6.2.1 Manantiales

**Figura 1. 8** Manantiales



**Fuente:** Cepes.org.pe

Se puede definir un manantial como un lugar donde se produce un afloramiento natural de agua subterránea. El agua del manantial fluye por lo general a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, estos bloquean el flujo subterráneo del agua y permiten que aflore a la superficie. En la Figura 3.4 se observa el proceso de recarga del manantial.

El agua del manantial es pura y, por lo general, se la puede usar sin tratamiento, a condición de que el manantial este adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua.

Se debe asegurar que el agua provenga realmente de un acuífero y que no se trate de agua de un arroyo que se ha sumergido a corta distancia. En el país, el Ministerio de Salud, clasifica los manantiales por su ubicación y su afloramiento. De acuerdo a lo

primero, pueden ser de ladera o de fondo; y de acuerdo a lo segundo, de afloramiento concentrado o difuso.

Los manantiales generalmente se localizan en las laderas de las colinas y los valles ribereños. En los de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso, tal como puede apreciarse en la Figura 1.9

**Figura 1. 9** Clasificación de los manantiales



**Fuente:** Cepes.org.pe

### **1.6.3 Cantidad de agua**

La mayoría de sistemas de abastecimientos de agua potable en las poblaciones rurales de nuestro país, tiene como fuente los manantiales. La carencia de registros hidrológicos nos obliga a realizar una concienzuda investigación de las fuentes. Lo ideal sería que los aforos se efectuaran en la temporada crítica de rendimientos que corresponde

A los meses de estiaje y lluvias, con la finalidad de conocer los caudales mínimos y máximos. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario (Qmd) con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura.

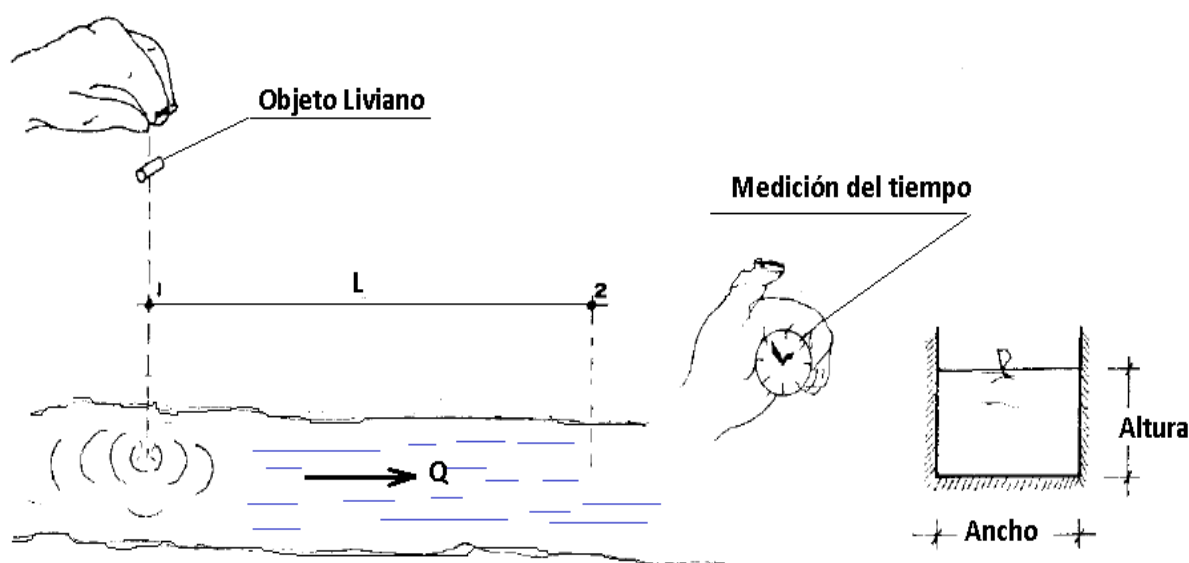
Se recomienda preguntar a los pobladores de mayor edad acerca del comportamiento y las variaciones de caudal que pueden existir en el manantial, ya que ellos conocen con mayor certeza si la fuente de agua se seca o no.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos de abastecimiento de agua potable en zonas rurales, son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta un máximo de 10 l/s y el segundo para caudales mayores a 10 l/s.

#### 1.6.3.1 Método de velocidad - área.

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre del manantial tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme, habiéndose previamente definido la distancia entre ambos puntos.

**Figura 1. 10** Medición de caudal – velocidad – área



Fuente: Cepes.org.pe

#### **1.6.4 Calidad de agua**

El agua potable es aquella que al consumirla no daña el organismo del ser humano.

##### **1.6.4.1 Los requerimientos básicos para que el agua sea potable, son:**

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o Crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbidez, poco color, etc.).
- No salina. Que no contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, y que no manche la ropa lavada con ella.

En cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos que debe satisfacer una fuente. Con la finalidad de conocer la calidad de agua de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis físico, químico y bacteriológico, siendo necesario tomar muestras de agua siguiendo las instrucciones que se dan a continuación.

##### **1.6.4.2 Toma de muestra para el análisis físico y químico:**

- Limpiar el área cercana al manantial eliminando la vegetación y cuerpos extraños, en un radio mayor al afloramiento.
- Ubicar el ojo del manantial y construir un embalse lo más pequeño posible utilizando para el efecto material libre de vegetación y dotarlo, en su salida, de un salto hidráulico para la obtención de la muestra.
- Retirar los cuerpos extraños que se encuentran dentro del embalse.
- Dejar transcurrir un mínimo de 30 minutos entre el paso anterior y la toma de muestra.
- Tomar la muestra en un envase de vidrio de boca ancha.

- Enviar la muestra al laboratorio lo más pronto posible, con tiempo límite de 72 horas.

#### **1.6.4.3 Toma de muestra para el análisis bacteriológico:**

- Utilizar frascos de vidrio esterilizados proporcionados por el laboratorio.
- Si el agua de la muestra contiene cloro, solicitar un frasco para este propósito.
- Durante el muestreo, sujetar el frasco por el fondo, no tocar el cuello ni la tapa.
- Llenar el frasco sin enjuagarlo, dejando un espacio de un tercio (1/3) de aire.
- Tapar y colocar el capuchón de papel.
- Etiquetar con claridad los datos del remitente, localidad, nombre de la fuente, punto de muestreo y la fecha de muestreo.
- Enviar la muestra al laboratorio a la brevedad posible de acuerdo a las siguientes condiciones:
  - 1 a 6 horas sin refrigeración.
  - 6 a 30 horas con refrigeración.

En los siguientes cuadros se presentan los rangos tolerables para las características físicoquímicas del agua y en el Cuadro 3.4 se indican los requisitos bacteriológicos; de acuerdo a las Normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos valores son los mismos que establece el Ministerio de Salud.

#### 1.6.4.4 Sustancias y propiedades químicas que influyen sobre la aceptabilidad del agua

- Para usos domésticos

**Tabla 1. 1 Sustancias y propiedades del agua para uso doméstico**

CONCENTRACIÓN O PROPIEDAD	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DESEABLE	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
Sustancias decolorantes	5 unidades	50 unidades
Sustancias olorosas	ninguna	ninguna
Sustancias que dan sabor	ninguna	ninguna
Materiales en suspensión	5 unidades	25 unidades
Sólidos totales	500 mg/l	1500 mg/l
PH	7.0 a 8.5	6.5 a 9.2
Detergentes aniónicos	0.2 mg/l	1.0 mg/l
Aceite mineral	0.001mg/l	0.30mg/l
Compuestos fenólicos	0.001mg/l	0.002mg/l
Dureza total	100mg/lCaCO <sub>3</sub>	500mg/lCaCO <sub>3</sub>
Nitratos (NO <sub>3</sub> )		45 mg/l
Cloruros (Cl)	200mg/l	600mg/l
Cobre (Cu)	0.05mg/l	1.5mg/l
Calcio (Ca)	75mg/l	200mg/l
Hierro (Fe)	0.1mg/l	1.0mg/l
Magnesio (Mg)	30mg/l	150mg/l
Manganeso (Mn)	0.05mg/l	0.5mg/l
Sulfato (SO)	200mg/l	400mg/l
Aink (Zn)	0.5mg/l	15mg/l

Fuente: Cepes.org.pe

#### 1.6.4.5 Límites provisionales para las sustancias tóxicas en el agua potable

**Tabla 1. 2 Sustancias tóxicas en el agua**

sustancia	CONCENTRACIÓN MÁXIMA mg/l
Arsénico (As)	0.05
Cadmio (Cd)	0.01
Cianuro (Cn)	0
Mercurio Total (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.1
Selenio (Sc)	0.01

Fuente: Cepes.org.pe

#### 1.6.4.5 Concentraciones de fluoruros recomendadas para el agua potable.

**Tabla 1. 3** Promedio de temperaturas en el aire

PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DEL AIRE EN °C	LÍMITES RECOMENDADOS PARA LOS FLUORUROS	
	INFERIOR	MÁXIMA
10.0-12.0	0.9	1.7
12.1-14.6	0.8	1.5
14.7-17-6	0.8	1.3
17.7-21-4	0.7	1.2
21.5-26.2	0.7	1
26.3-32-6	0.6	0.8

Fuente: Cepes.org.pe

#### 1.6.5 Normas de calidad bacteriológica aplicables a los abastecimientos de agua potable

##### 1.6.5.1 El agua en la red de distribución

- En el curso del año el 95% de las muestras no deben contener ningún germen coliforme en 100 m.l].
- Ninguna muestra ha de contener E. Coli en 100 m.l].
- Ninguna muestra ha de contener más de 10 gérmenes coliforme por 100 m.l.
- En ningún caso han de hallarse gérmenes en 100 m.l]. de dos muestras consecutivas.

##### 1.6.5.2 Al entrar en la red de distribución

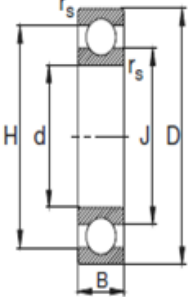
AGUA SIN DESINFECTAR.... Ningún agua que entre en la red de distribución debe considerarse satisfactoria si en una muestra de 100 m.l]. se halla E-Coli; en ausencia de este puede tolerarse hasta tres gérmenes coliformes en algunas muestras de 100 m.l. de agua no desinfectada.

## 1.7 Materiales Utilizados

### 1.7.1 Rodamientos

Para el presente proyecto se utilizaron los siguientes rodamientos:

**Tabla 1.4 Rodamiento de bolas**

								
Eje	Dimensiones							Peso
	d	D	B	$r_s$ min	H	$H_1$	J	$\rho_{ap}$ kg
	mm							kg
25	25	47	8	0,3	39,7	41,1	32,2	0,055
50	50	90	30,2	1,1	45	77,9	80,9	0,68

**Fuente:** Catalogo FAG

Un rodamiento es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento. El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación del rodamiento, pueden ser: de bolas, de rodillos o de agujas.

En los rodamientos el movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, pueden ser axiales, radiales y axiales-radiales, etc.

Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda, es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje.

La fabricación de los cojinetes de bolas o rodamientos es la que ocupa en tecnología un lugar muy especial, dados los procedimientos para conseguir la esfericidad



perfecta de la bola. Los mayores fabricantes de ese tipo de rodamientos emplean el vacío para tal fin.

#### **1.7.1.1 Rodamientos rígidos de bolas**

Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, hacen a estos rodamientos los más populares de todos los rodamientos

#### **1.7.2 Acero inoxidable AISI 304.**

Para la construcción de la rueda hidráulica se utilizó el acero inoxidable 304 .

##### **1.7.2.1 Descripción**

Este es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

##### **1.7.2.2 Propiedades mecánicas**

Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)

Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)

Elongación 30 % (en 50mm)

Reducción de área 40 %

Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

#### **1.7.2.3 Propiedades físicas**

Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

#### **1.7.2.4 Propiedades químicas**

0.08 % C mín

2.00 % Mn

1.00 % Si

18.0 – 20.0 % Cr

8.0 – 10.5 % Ni

0.045 % P

#### **1.7.2.5 Usos**

Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

#### **1.7.2.6 Tratamientos térmicos**

Éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

### **1.7.3 Soldadura TIG.**

#### **1.7.3.1 Descripción del proceso**

El proceso de soldadura por arco bajo la protección de gas con electrodo (no consumible), también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), usa un arco eléctrico como fuente de energía que se establece entre el electrodo no consumible y la pieza a soldar con la envoltura protectora del gas inerte.

Como material para la fabricación del electrodo se emplea el tungsteno. Se trata de un metal escaso en la corteza terrestre que se encuentra en forma de óxido o de sales en ciertos minerales. De color gris acerado, muy duro y denso, tiene el punto de fusión más elevado de todos los metales y el punto de ebullición más alto de todos los elementos conocidos, de ahí que se emplee para fabricar los electrodos no consumibles para la soldadura TIG.

A continuación se define los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento:

- Fuente de calor: por arco eléctrico;
- Tipo de electrodo: no consumible;
- Tipo de protección: por gas inerte;

Material de aportación: externa mediante varilla, aunque para el caso de chapas finas se puede conseguir la soldadura mediante fusión de los bordes sin aportación exterior;

- Tipo de proceso: fundamentalmente es manual;
- Aplicaciones: a todos los metales;
- Dificultad operatoria: mucha.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Estudio de alternativas.

En una rueda hidráulica para bombeo, el agua es utilizada como fuente motriz para hacer girarla. Se analizará el caso de una bomba que no necesitan combustible fósil para su funcionamiento o de energía eléctrica, es decir totalmente mecánica, la cual impulsa el agua por medio de una bomba conectada al eje de la rueda y así cumplir el trabajo de bombear el fluido, el impulso del agua mediante una bomba que utiliza energía eléctrica para su funcionamiento o a su vez una rueda hidráulica con un impulsor espiral.

#### 2.1.1 Alternativa 1

##### 2.1.1.1 Rueda hidráulica con bomba mecánica Rochfer.

**Figura 2. 1** Rueda hidráulica con bomba Rochfer.



Elaborado por: Andrés Cáceres

##### 2.1.1.2 Funcionamiento.

La bomba Rochfer funciona por la energía de una fuente de agua (normalmente un río o una quebrada) y no requiere ninguna fuente de energía convencional (electricidad, gasolina, petróleo). El flujo de agua de la fuente hace girar la rueda y que mediante el eje de la misma conectada a la bomba Rochfer la hace trabajar. El agua que se bombea puede ser de la misma fuente de agua o de un pozo hasta 6 m de

profundidad.

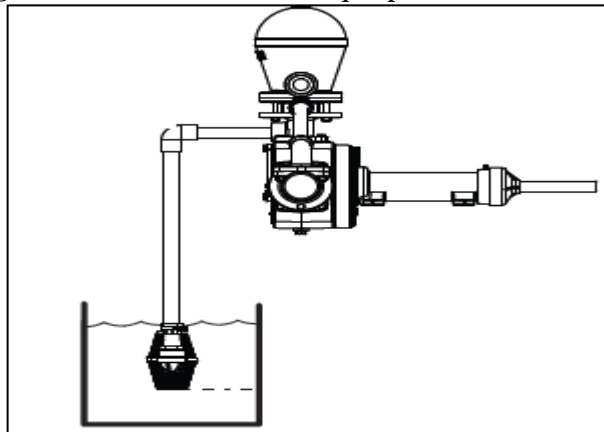
#### 2.1.1.3 Ventajas:

- 1.- No necesita combustible fósil ni energía eléctrica para su funcionamiento.
- 2.- Bombea agua a grandes distancias.
- 3.- No contamina el medio ambiente.
- 4.- Trabajan las 24 horas del día.

#### 2.1.1.4 Desventajas:

- 1.- Necesita caudales que fluctúan entre 1.5 a 60 lt/s para su funcionamiento.
- 2.- Su costo es elevado.
- 3.- Poco acceso a repuestos en nuestro Ecuador.
- 4.- Necesita de mantenimiento constante ya que trabaja las 24 horas del día.
- 5.- Es necesario construir un pozo o estanque para succionar el agua a transportar.

**Figura 2. 2** Cisterna o estanque para bomba Rochfer.



Elaborado por: Andrés Cáceres

**Tabla 2. 1** rpm bombas Rochfer

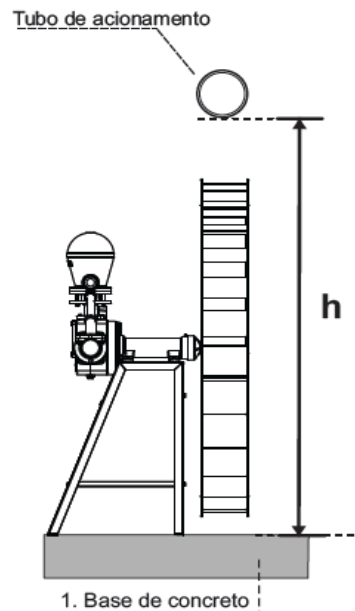
MODELO	CAUDAL*(litros/día)		
	20 rpm	30 rpm	40 rpm
MS-42	4500	6800	9000
MS-51	9000	13500	18000
MS-70	25500	38500	51500
MS-89	56000	84000	100000

Elaborado por: Andrés Cáceres

En la siguiente tabla se observa los modelos de la rueda hidráulica que utiliza bomba Rochfer, los rpm y el caudal a impulsar por día.

**Tabla 2. 2 Modelos de Bombas Rochfer**

SÉRIE	MODELO	RODA (m)	h (cm)
M	MSG-42F	1,10 x 0,13	140
		1,10 x 0,17	140
		1,37 x 0,13	153
	MSG-42	0,80 x 0,25	125
		1,10 x 0,17	140
A	MSG-51	1,37 x 0,13	153
		0,80 x 0,25	126
		1,10 x 0,17	141
		1,10 x 0,25	141
		1,37 x 0,17	154
B	MSG-70	1,37 x 0,25	154
		1,10 x 0,47	166
		1,37 x 0,47	179
		1,65 x 0,25	193
		1,65 x 0,36	193
		1,65 x 0,47	193
		1,90 x 0,25	206
C	MSG-76	1,90 x 0,36	206
		1,90 x 0,47	206
		1,65 x 0,47	207
		1,90 x 0,47	219
	MSG-89	2,20 x 0,36	234
		2,20 x 0,47	234
		1,65 x 0,47	207
		1,90 x 0,47	219
		2,20 x 0,36	234



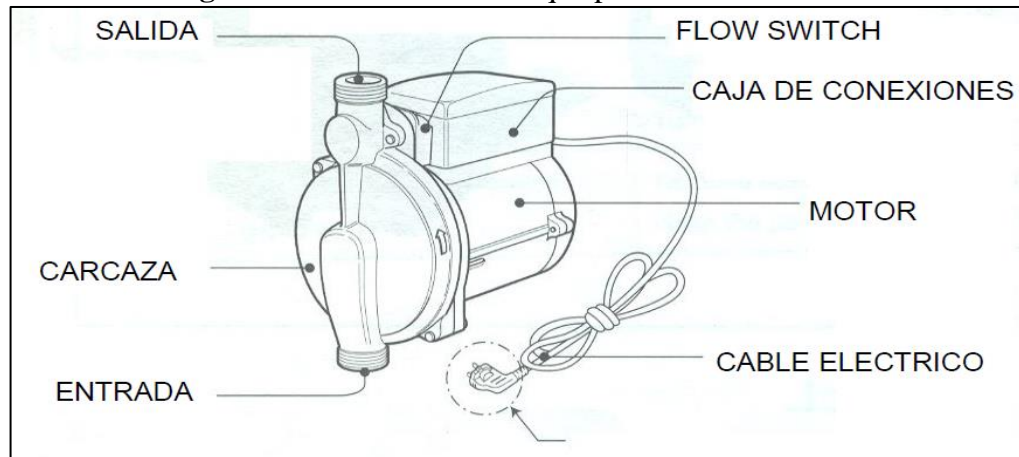
Elaborado por: Andrés Cáceres

## 2.1.2 Alternativa 2

### 2.1.2.1 Bomba de agua centrífuga eléctrica.

Una bomba centrífuga es impulsada por un dispositivo llamado un impulsor. El impulsor es como una pequeña turbina. Tiene aspas curvas, que canalizan el agua a través de la bomba.

**Figura 2. 3** Cisterna o estanque para bomba Rochfer.



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

#### **2.1.2.2 Funcionamiento.**

El impulsor gira muy rápido. Las palas curvadas impulsan el agua hacia el ojo, o el centro del impulsor, pero el agua fluye a lo largo de la parte exterior de las cuchillas. Debido a que el impulsor se mueve rápido, la fuerza centrífuga comprime el agua contra la parte exterior de las aspas. Esta presión hace que el agua se dispare hacia delante en un chorro de alta velocidad saliendo fuera del impulsor. Esta velocidad crea la presión en el lado de salida de la bomba, que empuja el agua a través de la tubería.

#### **2.1.2.3 El motor**

Las bombas más pequeñas de agua eléctricas, tales como las utilizadas en los hogares, por lo general tienen motores pequeños de corriente continua. El motor de corriente continua está contenido en una caja sellada unida al impulsor y lo acciona a través de una sencilla unidad de engranajes. En el centro del motor hay un rotor con bobinas alrededor de ella. Alrededor de las bobinas hay imanes, que crean un campo magnético permanente que fluye a través del rotor. Cuando el motor se enciende, la electricidad corre a través de las bobinas, produciendo un campo magnético que repele los imanes alrededor del rotor, haciendo que el rotor gire 180 grados. Cuando

el rotor gira, la dirección de la electricidad en las bobinas circula, empujando al rotor de nuevo y causando que gire el resto del recorrido. A través de una serie de impulsos, el rotor continúa girando, moviendo el impulsor y alimentando la bomba.

#### 2.1.2.4 Especificaciones técnicas

**Tabla 2. 3** Especificaciones técnicas Bombas Rochfer

MODELO	HBO 70-15	HBO 140-25	HBO 180-32
Potencia	110 W(0.15HP)	290 W(0.15HP)	400 W(0.15HP)
Tensión	220V	220V	220V
Frecuencia	50Hz	50Hz	50Hz
Altura manométrica	Máx. 9.5 m	Máx. 15 m	Máx. 20 m
Capacidad	Máx. 35 l/min	Máx. 45 l/min	Máx. 75 l/min
Dimensión de cañería	15mm	25mm	32mm
Temperatura	0-60°C	0-60°C	0-60°C

**Elaborado por:** Andrés Cáceres

#### 2.1.2.5 Ventajas.

- 1.- Se puede adquirirlas fácilmente en nuestro país, por lo que su costo es bajo.
- 2.- Pueden trabajar las 24 horas del día.

#### 2.1.2.6 Desventajas.

- 1.- Necesitan energía eléctrica para su funcionamiento.
- 2.-En hogares es necesaria la construcción de grandes cisternas para almacenar el agua.
- 3.- Al utilizar combustible fósil es perjudicial para el medio ambiente.
- 4.- Produce ruido.

### 2.1.3 Alternativa 3

#### 2.1.3.1 Rueda hidráulica con impulsor espiral

En la figura 1.6 se observa la instalación de la rueda hidráulica en Puerto Quito recinto la Magdalena.



**Figura 2. 4** Rueda hidráulica con impulsor espiral



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

#### **2.1.3.2 Funcionamiento.**

Los tubos en espiral, se fija a la rueda de manera que estos giren juntos. El colector de agua conectado con el extremo exterior de la espiral de tubo transporta una buena cantidad de agua que pasa por el canal y se eleva por encima del él. Este núcleo de agua pasa a través de la espiral seguido por un núcleo de aire a medida que gira la rueda. Una nueva base de agua se forma en todas las revoluciones, y un nuevo núcleo de aire. Así, una serie de núcleos de agua y el aire se forman dentro de cada pista en espiral que gira la rueda. Las pistas en espiral entregan su agua y aire en el eje de la rueda a un tubo estático.

Cuando la rueda gira en una carga, la presión se genera dentro de cada pista del tubo en espiral, el agua en las pistas de aumento es más alta que en las pistas descendente. Estos núcleos de agua en el tubo en espiral comprimen el aire entre ellos en su viaje alrededor del espiral y el agua y el aire son expulsados a presión en el tubo ubicado junto al eje. El flujo de agua por la tubería estática va en aumento y se acelera por el escape de aire comprimido, este efecto ayuda a elevar el agua al depósito.

### **2.1.3.3 Ventajas:**

- 1.- No necesita combustible fósil ni energía eléctrica para su funcionamiento.
- 2.-Fácil fabricarlas.
- 3.- La manguera al girar junto con la rueda funciona como un impulsor o bomba.
- 4.- No requiere de mantenimiento constante.
- 5.- Trabajó con un caudal de 0.66 lt/s.
- 6.- Bajo costo de fabricación.

## **2.2 Selección del tipo de bomba a implementar en la rueda hidráulica.**

Con el análisis realizado de las bombas Rochfer, centrífuga eléctrica y con impulsor espiral se tomará una decisión sobre cuál será de mayor beneficio, tanto económicamente como la facilidad de instalación.

En la tabla 2.4 Se hizo una comparación de precios entre la bomba Rochfer y el impulsor espiral para explicar claramente el por qué se seleccionaría la rueda con impulsor espiral. Por otra parte la bomba Rochfer trabaja con un caudal mínimo de 1.5 Lt/seg y la rueda con impulsor espiral trabaja con 0.662 Lt/seg, caudal que se determinó en la época más seca de año; esto quiere decir que la bomba Rochfer dejaría de trabajar toda la época de verano donde el caudal es el mínimo.

En cuanto a la selección entre la bomba centrífuga eléctrica y el impulsor espiral se tiene que analizar el lugar de instalación. En el lugar donde se llevará a cabo el montaje de la rueda hidráulica es una zona rural de nuestro país donde la energía eléctrica es insuficiente.

### **2.2.1 Tabla de comparación.**

Para crear un intervalo de valoración que permita comparar los detalles que genera el instalar la rueda hidráulica con diferentes sistemas de bombeo se aplica la conversión que se define a continuación:

**Tabla 2. 4** Escala de comparación

ESCALA DE COMPARACIÓN	VALORACIÓN
Nulo	0
Bajo	1
Moderado	2
Alto	3
muy alto	4

**Elaborado por:** Andrés Cáceres

**Tabla 2. 5** Tabla comparativa para diferentes sistemas de bombeo

		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
ITEM	DETALLE	Rueda con bomba Rochfer	Rueda con bomba centrífuga	Rueda con impulsor espiral.
1	Costo	3	2	1
2	Mantenimiento	3	3	1
3	Daño al medio ambiente	0	3	0
4	Generación de ruido	1	3	1
5	Accesibilidad de repuestos	4	3	1
6	Utilización de energía eléctrica	0	4	0
7	Utilización de combustible fósil	0	4	0
8	Caudal para su funcionamiento	2	3	1
9	Potencia	2	2	1
10	Dificultad para su construcción	2	2	1
11	Dificultad de instalación	1	1	1

**Elaborado por:** Andrés Cáceres

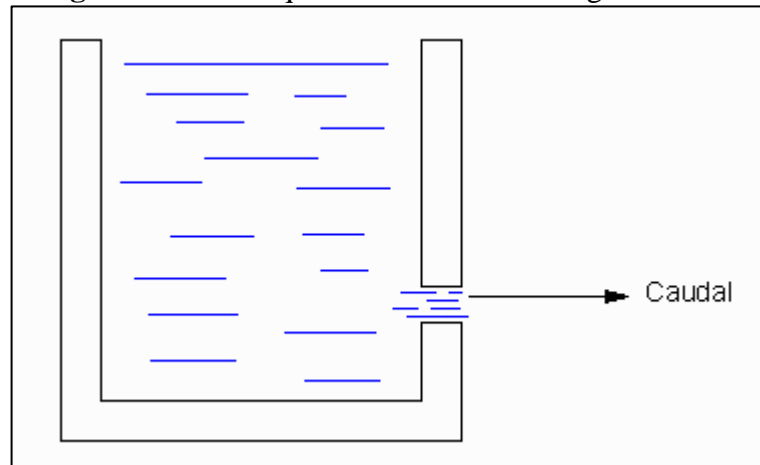
Con estos parámetros de comparación y valoración de los tres sistemas de bombeo se procede a seleccionar el sistema de bombeo con impulsor espiral. porque los costos son bajos, no necesita de mantenimiento constante y el bajo número de partes del sistema.

## CAPÍTULO III

### PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RUEDA HIDRÁULICA

#### 3.1 Velocidad del agua a la salida del estanque de captación.

**Figura 3. 1** Estanque con orificio de desfogue circular



Elaborado por: Andrés Cáceres

Si un fluido sale por un orificio a una altura determinada “h” desde el estanque de captación hacia la rueda hidráulica tenemos:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad [\text{ec.1}]$$

Al ser:

$V$  = Velocidad lineal [m/s]

$g$  = Gravedad [m/s<sup>2</sup>]

$h$  = Salto Hidraulico [m]

##### 3.1.1 Parámetros de caudal.

Para determinar el caudal se hizo un pequeño canal de 0.30 metros de ancho y 1.80 m de largo y se cronometró la velocidad en que un corcho tarda en recorrer esta distancia; por otra parte para determinar el área, se midió el espesor de la vena fluida del canal por el ancho del mismo.

**Figura 3.2 Medición del caudal**



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

El caudal de diseño

$$Q = V.A \quad [\text{ec.2}]$$

Al sustituir en Ec 1 Tenemos:

$$Q = A . \sqrt{2.g.h} \quad [\text{ec.3}]$$

Al considerar un factor (m) como un coeficiente adimensional que depende de la forma del orificio de salida, se determina el caudal práctico sustituyendo en la Ec. 3 se tiene:

$$Qp = m.A . \sqrt{2.g.h} \quad [\text{ec.4}]$$

Al ser:

$Qp$  = Caudal práctico [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

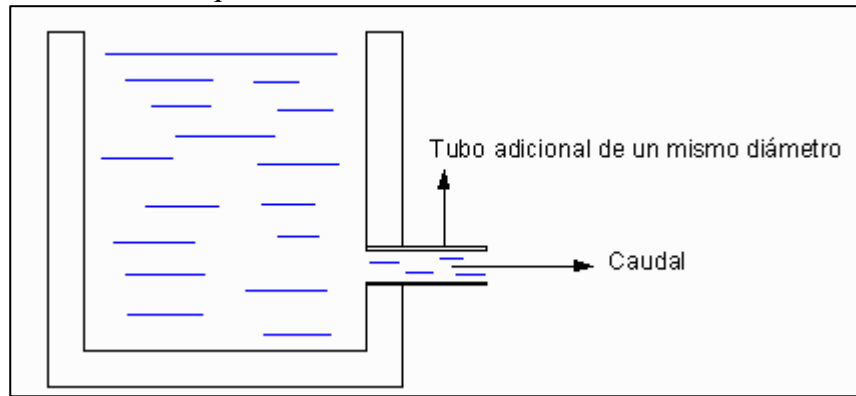
$m$  = Coeficiente Adimensional

$A$  = Area [ $\text{m}^2$ ]

- Para orificios cilíndricos sin tubo adicional de un mismo diámetro  $m = 0.625$ .

- Para orificios cilíndricos con tubo cilíndrico adicional de un mismo diámetro  $m = 0.8$ .

**Figura 3.3** Estanque con tubo cilíndrico adicional de un mismo diámetro



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

Como la velocidad no es uniforme en la sección transversal del tubo se usa un factor de 0.8.

Por lo tanto  $\nabla = 0.8V$  [ec.5]

Al ser:

$\nabla$  = Velocidad media del fluido

$V$  = Velocidad del fluido

0.8 = Factor de corrección adimensional debido a la adherencia con las paredes del conductor.

### 3.1.2 Velocidad tangencial de la Rueda Hidráulica.

Para definir la velocidad tangencial de la Rueda Hidráulica se utiliza la siguiente ecuación:

$$u = 0.45 * \nabla \quad [\text{ec.6}]$$

### 3.1.3 El número de revoluciones se mide con la ecuación:

$$n = \frac{u * 60}{\pi * Dr} \quad [\text{ec.7}]$$

Al ser:

$n$  = Número de revoluciones.

$v$  = Velocidad tangencial de la rueda.

### 3.2 Diseño del rodete.

En el rodete el salto hidráulico se convierte en energía cinética por lo que se puede encontrar la velocidad del chorro al utilizar la ecuación:

$$Co = Kco \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad [\text{ec.8}]$$

Al ser:

$Co$  = Velocidad del chorro [m/s]

$Kco$  = Coeficiente de tobera

$g$  = Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

$h$  = Salto hidráulico [m]

#### 3.2.1 Diámetro del chorro

$$d = \left( \frac{4}{\pi} \times \frac{Q}{Co} \right)^{1/2} \quad [\text{ec.9}]$$

Al ser:

$d$  = Diámetro del chorro [m]

$Co$  = Velocidad del chorro [m/s]

$Q$  = Caudal. [m<sup>3</sup>/s]

Para determinar el diámetro del rodete tipo Pelton se logra al utilizar la siguiente ecuación.

$$\frac{d}{D} = \frac{\sqrt{V}}{288 \sqrt{Kco \cdot \eta}} \quad [\text{ec.10}]$$

Al ser:

$D$  = Diámetro Pelton [m]

$d$  = Diámetro del chorro [m]

$K_{co}$  = Coeficiente de tobera = 0.9

$\eta$  = Rendimiento

$V$  = Velocidad media del fluido

### 3.2.2 Número de álabes.

Para determinar el número de cazoletas se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$Z = 15 + \frac{D}{2d} \quad [\text{ec.11}]$$

Al ser:

$Z$  = Número de Cazoletas

$D$  = Diámetro Pelton

$d$  = Diámetro del chorro.

### 3.2.3 Dimensión de los Álabes

Para obtener los rangos de las dimensiones se sustituye los diámetros de chorro ( $d$ ) y se puede encontrar el rango para la profundidad de la cazoleta ( $A$ ), altura de la cazoleta ( $B$ ) y el ancho de la cazoleta ( $C$ ) para lo cual se utiliza las ecuaciones:

$$A = [0.8 \text{ a } 1] * d \quad [\text{ec.12}]$$

Donde  $A$  es igual a la profundidad que puede estar en el rango de  $0.8 d$  hasta  $1d$  expresado en [mm].

$$B = [2.25 \text{ a } 2.8] * d \quad [\text{ec.13}]$$

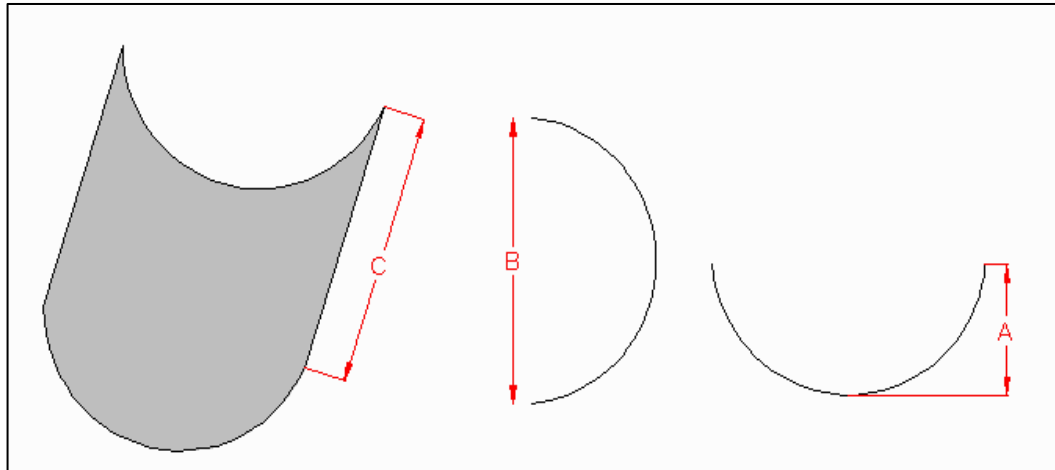
Donde  $B$  es igual a la altura de la cazoleta que puede estar en un rango de  $2.25$  a  $2.8d$  expresado en [mm].

$$C = [2.6 \text{ a } 3] * d \quad [\text{ec.14}]$$

Donde  $C$  es igual al ancho de la cazoleta que puede estar en un rango de  $2.6d$  hasta  $3d$  expresado en [mm].



**Figura 3.4** Rango de medidas del álabe.



Elaborado por: Andrés Cáceres

### 3.3 Potencia con relación a la entrada del chorro impactada en el álabe.

Cuando el accionamiento del chorro golpea un álabe curvo el chorro se desvía y produce una cantidad de movimiento mediante una fuerza ejercida sobre el álabe. Se supone que esta fuerza va a estar en dirección tangencial y se desprecia la fricción del chorro y el álabe.

$$Fx = \rho \cdot Q \cdot (Co - u) \cdot \cos\theta \quad [\text{ec.15}]$$

Al ser:

$Fx$  = Potencia de entrada del chorro al álabe.

$\rho$  = Peso específico del agua ( $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$ )

$Q$  = Caudal que está impactando al chorro.

$Co$  = Velocidad del chorro C1

$u$  = Velocidad periférica.

$\theta$  = Ángulo de salida del chorro.

### 3.3.1 Potencia de la Rueda Hidráulica

Para determinar la potencia de la rueda hidráulica al utilizar la siguiente ecuación:

$$P = Fx \cdot u \quad [\text{ec.16}]$$

Al ser:

$P$  = Potencia [W]

$F$  = Fuerza ejercida en el álabe. [N]

$u$  = Velocidad periférica.

### 3.3.2 Torque de la Rueda Hidráulica.

Para determinar el torque de la rueda, se utiliza la siguiente ecuación.

$$T = \frac{P}{w} \quad [\text{ec.17}]$$

Al ser:

$T$  = Torque de la Rueda [Kg. m]

$P$  = Potencia [W]

$w$  = Velocidad angular

$$w = 2\pi f \quad [\text{ec.18}]$$

Al ser:

$f$  = Frecuencia.

### 3.4 Diámetro del Eje de la rueda.

Aplicando el criterio de fallas de Soderberg (Singley; Elementos de Máquinas;

Pag736): para esfuerzos combinados de flexión y torsión se tiene que:

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[ \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 + \left( \frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad [\text{ec.19}]$$

Al ser:

$T$  = Momento torsor

$S_y$  = Resistencia a la fluencia

$M$  = Momento Flector

$Se$  = Resistencia a la tensión.

$n$  = Factor de seguridad

El material del eje a utilizar es el acero 4340 cuyas propiedades técnica son:

$S_{ut}$  = 965 Mpa

$S_y$  = 855 Mpa

**Tabla 3. 1 Resistencia a la tensión y Fluencia Acero 4340**

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
	TyR	540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	TyR	650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40	486
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

Fuente: Shigley, 2008, Pág. 1022

### 3.5 Longitud del impulsor espiral.

En primer lugar determinamos el número de pistas que tiene la manguera en la rueda hidráulica mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{R_f - R_o}{h} \quad [\text{ec.20}]$$

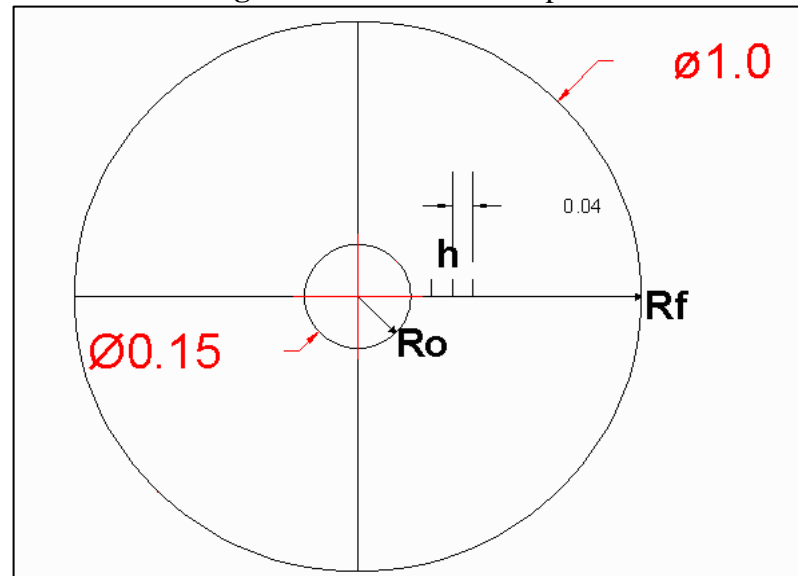
Al ser:

$R_f$  = Radio exterior

$R_o$  = Radio interior

$h$  = Espacio entre pistas

**Figura 3.5** Número de pistas



Elaborado por: Andrés Cáceres

Mediante la siguiente ecuación determinamos la longitud del impulsor espiral instalada en la rueda hidráulica.

$S =$

$$\frac{2\pi}{h} \left\{ \frac{1}{2} Rf \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + R^2 f} + \frac{h^2}{8\pi^2} \cdot \ln \left( Rf + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + R^2 f} \right) - \right. \\ \left. \frac{1}{2} Ro \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + Ro^2} - \frac{h^2}{8\pi^2} \cdot \ln \left( Ro + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + Ro^2} \right) \right\} \quad [\text{ec.21}]$$

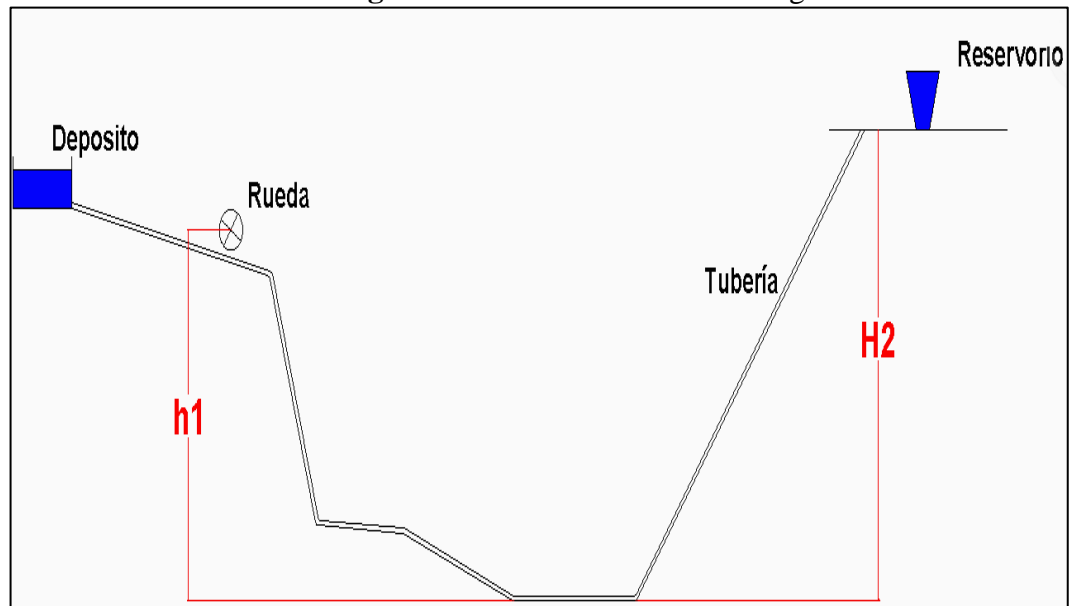
### 3.6 Abastecimiento de agua para el Recinto La Magdalena correspondiente a la vivienda del señor Alejandro Bravo.

Se considerarán las personas que habitan esta vivienda, así como también los animales domésticos pertenecientes a la familia.

- Con 4 personas
- 1 Burro

- 1 Caballo
- 15 Gallinas.

**Figura 3. 6** Abastecimiento de agua



Elaborado por: Andrés Cáceres

A) Cantidad de agua que se va a consumir.

4 personas x 100 lt/dia

1 caballo y 1 burros x 40 lt/dia

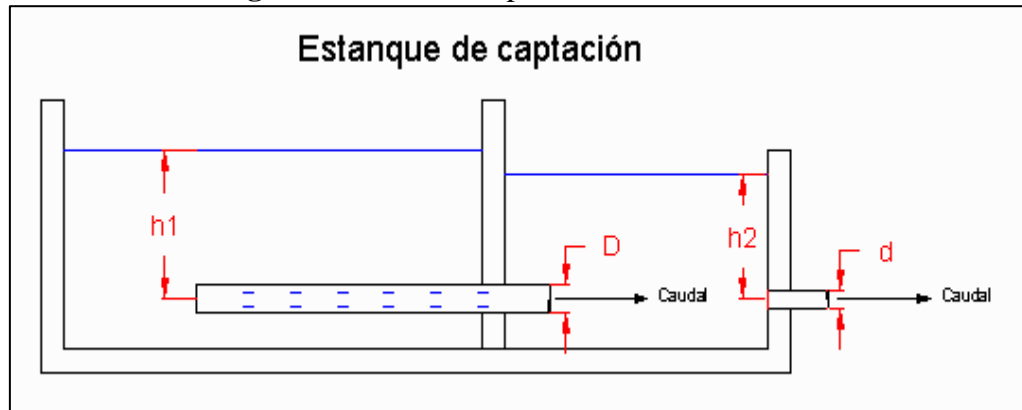
15 gallinas x 20 lt/dia

Entonces

$Q = Lt/dia \text{ total.}$

### 3.7 Cálculo de la tubería perforada o desarenador.

**Figura 3. 7** Tubería perforada o desarenador



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

En la instalación donde se indica el diseño en corte lateral, cuenta con una toma de tubo perforado que comunica a un segundo tanque lateral, reduciendo la recepción de arenas y sólidos en suspensión.

Para calcular el caudal de salida del estanque mediante un orificio redondo con la ecuación:

$$Q = c'd \cdot A\sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad [\text{ec.22}]$$

$Q$  = Caudal

$c'd$  = Constante de flujo = 0.62

$A$  = Área de la tubería de salida del estanque ( $d$ )

$h$  = Altura desde la superficie hasta el centro de la tubería de salida del estanque.

Para la tubería perforada tenemos que:

$$Q = c'd \cdot A\sqrt{2 \cdot g(h_1 - h_2)} \quad [\text{ec.23}]$$

Al ser:

$Q$  = Caudal

$c'd$  = Constante de flujo = 0.62

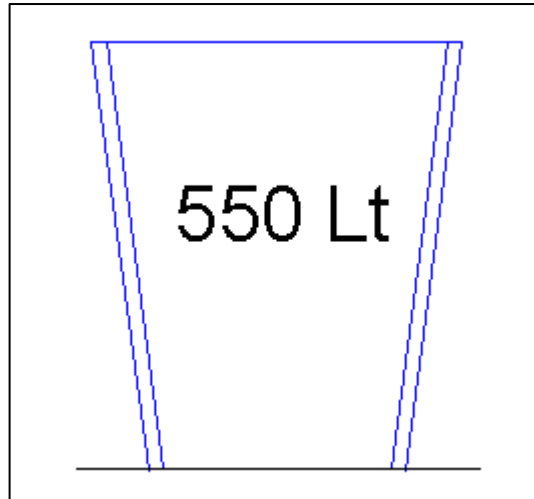
A = Área de la tubería perforada (D)

h1 = Altura desde la superficie hasta el centro de la tubería perforada.

h2 = Altura desde la superficie hasta el centro de la tubería de salida del estanque.

### 3.8 Tiempo de llenado del recipiente receptor.

**Figura 3. 8** Recipiente receptor



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

Se requiere llenar 1 tanque de 550 litros por lo que se procede a determinar el tiempo que se demora en llenar dicho tanque con el caudal de llegada al tanque receptor que la rueda hidráulica impulsa.

Para proceder a realizar este cálculo se toma un recipiente de volumen conocido y cronometrar el tiempo que se demora en llenar.

$$Q = \frac{V}{t} \quad [ec.24]$$

Al ser:

Q = Caudal

V = Volumen

t = Tiempo

### 3.9 Cojinetes de contacto rodante

La carga nominal de catálogo está definida como la carga radial que ocasiona que el 10 por ciento de un grupo de cojinetes falle durante la vida nominal de un fabricante. La carga nominal de catálogo se denotará como  $C_{10}$ . Esta carga se conoce a menudo como una Carga Nominal Dinámica Básica.

El resultado de muchas pruebas de varias clases de cojinetes es:

- $A = 3$  (para cojinetes de bolas)
- $A = 10/3$  (para cojinetes de rodillo cilíndrico y cónico)

Al seleccionar un cojinete para una aplicación dada, es necesario relacionar la carga deseada y los requisitos de vida con la siguiente ecuación:

$$X_D = \frac{L_D}{L_R} = \frac{60 l_D n_D}{L_{10}} \quad [\text{ec.25}]$$

Al ser:

$l_D$  = Vida deseada, horas.

**Tabla 3. 2** Vida útil de cojinetes

Tipo de aplicación	Vida, kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de aeronaves	0.5-2
Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia	4-8
Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia	8-14
Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente	14-20
Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50-60
Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100-200

**Fuente:** Shigley, 2008, Pág. 563

$n_D$  = Velocidad, rpm.



$L_{10}$  = Vida nominal ( $10^6$  revoluciones)

### 3.9.1 Relación carga – vida – confiabilidad.

La distribución Weibull se emplea ampliamente para expresar la confiabilidad de los cojinetes si los parámetros corresponden a:  $X_0 = 0.02$ ,  $\Theta = 4.459$  y  $b = 1.483$ . La confiabilidad es mayor que 0.90, por lo que a continuación se expresa una ecuación que se utiliza para convertir de una situación de diseño con una carga, una vida y una confiabilidad deseada:

$$C_{10} = a_f F_D \left[ \frac{X_D}{X_0 + (\Theta - X_0)(1 - R_D)^{\frac{1}{b}}} \right]^{\frac{1}{a}} \quad [\text{ec.26}]$$

Al ser:

$C_{10}$  = Carga nominal.

$a_f$  = Factor de carga.

**Tabla 3. 3** Factor de carga de cojinetes.

Tipo de aplicación	Factor de carga
Engranajes de precisión	1.0-1.1
Engranajes comerciales	1.1-1.3
Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

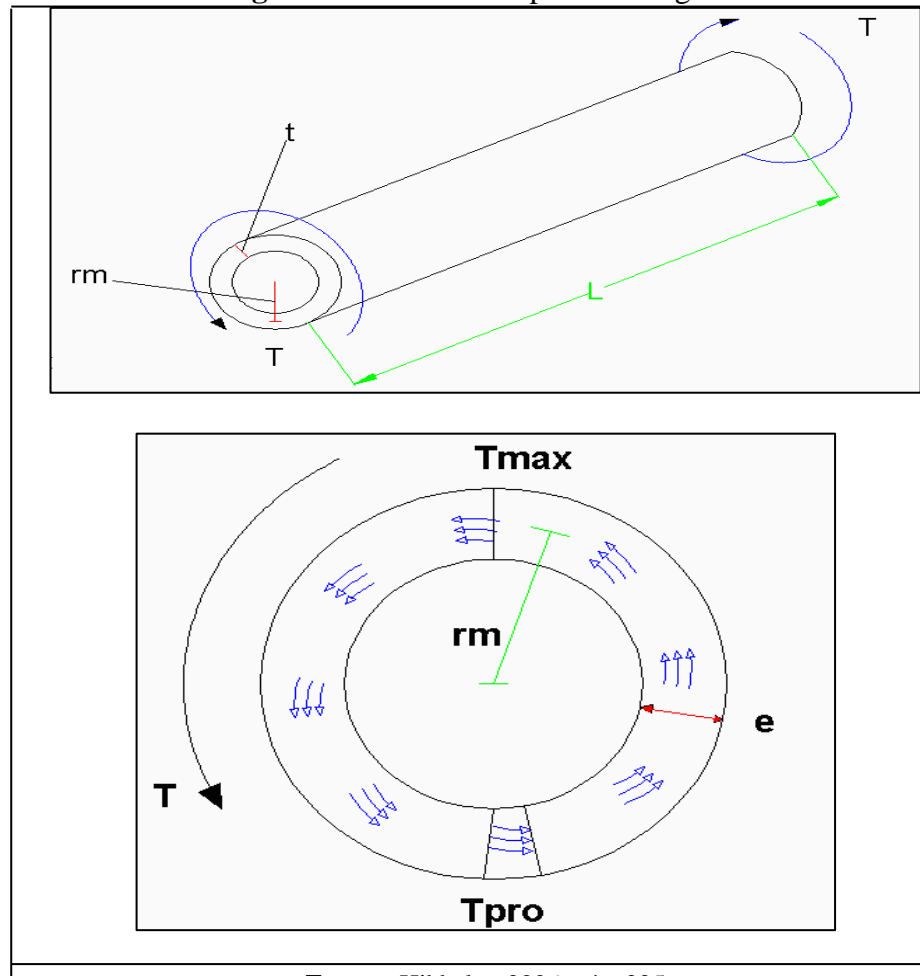
**Fuente:** Shigley, 2008, Pág. 563

$F_D$  = Carga de diseño

$R_D \geq 0.9$  (confiabilidad)

### 3.10 Diseño del tubo de pared delgada.

**Figura 3.9** Tubos de paredes delgadas



Fuente: Hibbeler, 2006, pág. 225

Por la tubería de tubos de paredes delgadas (de Hibbeler. Pág. 225) se considera el diferencial de la sección del tubo ( $\partial s$ ) y el diferencial de la fuerza tangencial ( $\partial f$ ) que esta actuado por el momento torsor ( $T$ ) y la proyección del brazo a la línea de acción de la fuerza ( $rm$ ) donde el esfuerzo torsor promedio es igual:

$$\tau_{pro} = \frac{T}{2e.Am} \quad [ec.27]$$

Al ser:

$\bar{\sigma}_{pro}$  = Esfuerzo cortante promedio que actúa sobre el grosor del tubo.

$T$  = Torsión interna resultante de la sección transversal

$e$  = Grosor del tubo

$A_m$  = Área media incluida dentro del límite de la línea central del grosor del tubo.

$r_m$  = Radio medio hasta la línea de la sección del tubo.

Remplazando en la [ec.27]

$$\bar{\sigma}_{pro} = \frac{T}{2\pi e \cdot r_m^2}$$

Despejando  $e$

$$2\pi e \cdot r_m^2 = \frac{T}{\bar{\sigma}_{pro}}$$

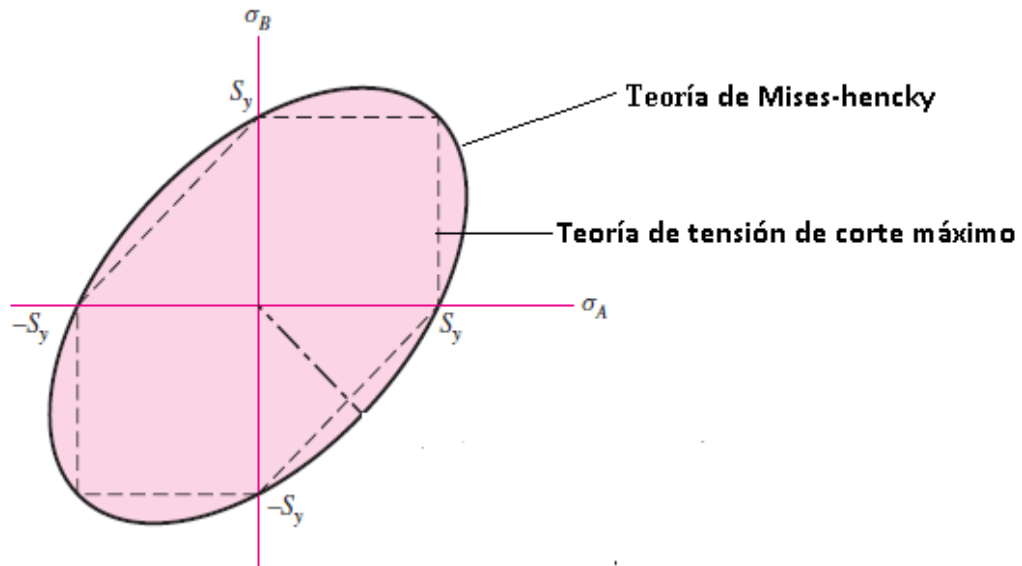
$$e = \frac{T}{2\pi \cdot \bar{\sigma}_{pro} \cdot r_m^2} \quad [ec.28]$$

Donde para el acero inoxidable 304 el  $\bar{\sigma}_{de fluencia} = \frac{4200Kg}{cm^2}$

### 3.11 Teoría de energía de la máxima distorsión.

Esta teoría sostiene que cualquier material esforzado en forma elástica sufre un ligero cambio de forma o volumen. La energía necesaria para producir este cambio de almacena en el material en formas de energía elástica. Por lo tanto, se postuló que un material dado tiene una capacidad limitada para absorber energía de distorsión que tiende a cambiar la forma pero no el tamaño. En la figura, se muestra la energía de distorsión de estados de esfuerzo plano.

**Figura 3. 10** Teoría de Von Mises



**Fuente:** Shigley, 2008, Pág. 215

Si para el estudio solo están presentes  $\sigma_x, \tau_{xy}$ , la ecuación se reduce a:

$$\sigma_e = (\sigma_x^2 + \tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{ec.29}]$$

Finalmente la expresión que se relaciona con la resistencia a la fluencia cortante es:

$$S_{sy} = 0.577S_y \quad [\text{ec.30}]$$

Al ser  $S_y$  la resistencia a la fluencia del material.

### 3.11.1 Caracterización de esfuerzo fluctuante.

A menudo los esfuerzos fluctuantes sobre la maquinaria adoptan la forma de un patrón sinusoidal debido a la naturaleza de algunas máquinas rotatorias, entonces los esfuerzos de amplitud y medio son.

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{eq}}{2} \quad [\text{ec.31}]$$

Entonces el factor de seguridad de fatiga se expresa:

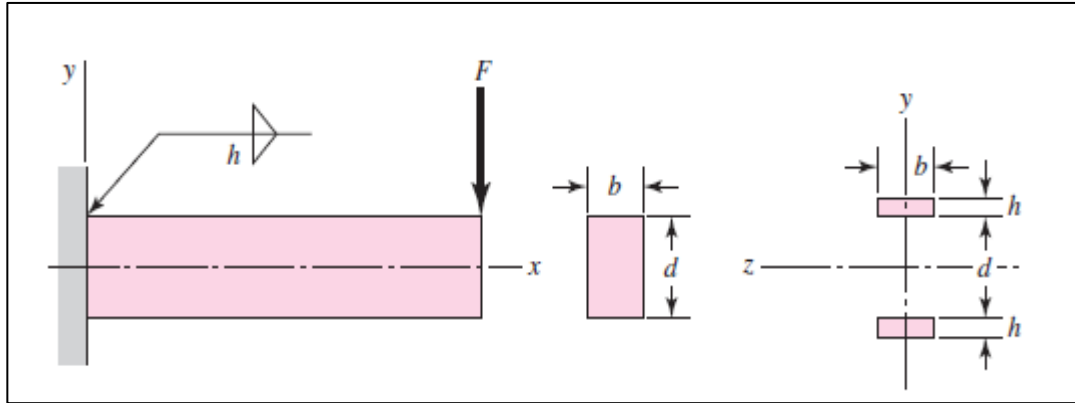
$$\sigma_a = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad [\text{ec.32}]$$

### 3.12 Esfuerzo en Uniones soldadas sujetas a flexión

En la figura 3.11 hay un voladizo soldado a un soporte mediante soldadura de tipo.

Se muestra la reacción de fuerza cortante y la reacción de momento.

**Figura 3. 11** Voladizo de sección transversal



Elaborado por: Shigley 2008. pág. 469

La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras de magnitud

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad [\text{ec.33}]$$

El momento M induce un componente de esfuerzo cortante horizontal en las soldaduras, por lo que el segundo momento del área unitaria es:

$$I_u = \frac{d^3}{12} \quad [\text{ec.34}]$$

El segundo momento del área I, con base en el área de la garganta de la soldadura, es

$$I = 0.707hI_u \quad [\text{ec.35}]$$

Ahora se determina que el esfuerzo cortante en la garganta es

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{Md/2}{0.707hbd^2/2} \quad [\text{ec.36}]$$

En la siguiente tabla tenemos varios tipos de soldadura sujetas a flexión

**Tabla 3. 4** Esfuerzo en uniones soldadas sujetas a flexión

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Elaborado por: Shigley 2008. Pág. 470

### 3.12.1 Resistencia de las uniones soldadas.

Se sugiere que se utilicen los factores de concentración de esfuerzo de fatiga que se presentan en la tabla 2.15

**Tabla 3. 5** Resistencia en uniones soldadas

Tipo de soldadura	$K_t$
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

Elaborado por: Shigley 2008. Pág. 472

Utilizaremos la soldadura de filete transversal en la punta cuyo  $K_f = 1.5$

En la tabla 2.16 Podremos determinar el tamaño mínimo de soldadura de filete.

**Tabla 3. 6** Carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

Tamaño del cateto $h$ , pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

Elaborado por: Shigley 2008. Pág. 473

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE LA RUEDA HIDRÚLICA

#### 4.1 Velocidad del agua a la salida del estanque de captación.

Al sustituir datos en [ec.1]

$$V = \sqrt{2 * \frac{9.8m}{s} * 0.65}$$

$$V = 3.56 \text{ m/s}$$

Al sustituir datos en [ec.5]

$$\nabla = 0.8 \left( \frac{3.56m}{s} \right)$$

$$\nabla = 2.85 \frac{m}{s}$$

##### 4.1.1 Determinación del caudal

Al sustituir datos en [ec.4]

$$Qp = m . A . \nabla$$

$$Qp = 0.820 * \frac{1}{4} \pi (0.0254)^2 m * \frac{2.85m}{s}$$

$$Qp = 1.2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

#### 4.2 Diseño del rodete

Al sustituir datos en [ec.8] se obtiene la velocidad del chorro.

$$Co = Kco . 0.8 \sqrt{2 . g . h}$$

$$Co = 0.9 \times 0.8 \sqrt{2 * 9.8m/s . 0.65}$$

$$Co = \frac{2.56m}{s}$$

##### 4.2.1 Diámetro del chorro

Al sustituir datos en [ec.9]



$$d = \left( \frac{4}{\Pi} \times \frac{Qp}{Co} \right)^{1/2}$$

$$d = \left( \frac{4}{\Pi} \times \frac{1.2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{1 \times \frac{2.56m}{s}} \right)^{1/2}$$

$$d = 0.024 \text{ m}$$

#### 4.2.2 Diámetro del rodete

Al sustituir datos en

[ec.10]

$$\frac{d}{D} = \frac{\nabla}{288 \sqrt{Kco. \eta}}$$

Al despejar D

$$D = \frac{d * 288 * \sqrt{Kco. \eta}}{\nabla}$$

$$D = \frac{0.024 * 288 * \sqrt{0.9 * 0.8}}{2.85}$$

$$D = 1.9 \text{ m}$$

#### 4.2.3 Número de Álabes.

Al sustituir datos en [ec11]

$$Z = 15 + \frac{D}{2d}$$

$$Z = 15 + \frac{1.9}{2(0.024)}$$

$$Z = 54$$

#### 4.2.4 Dimensión de los Álabes.

##### 4.2.4.1 Profundidad del cangilón

De [ec.12]

$$A = [0.8 \text{ a } 1] * d$$

$$A = [0.8] * 0.024$$

$$A = 0.019 \text{ m}$$

#### **4.2.4.2 Altura del cangilón**

De [ec.13]

$$B = [2.25 \text{ a } 2.8] * d$$

$$B = [2.25] * 0.024$$

$$B = 0.054 \text{ m}$$

#### **4.2.4.3 Ancho del cangilón.**

De [ec.14]

$$D = [2.6 \text{ a } 3] * d$$

$$D = [2.6] * 0.024$$

$$D = 0.06 \text{ m}$$

### **4.3 Potencia con relación en la entrada y salida del chorro impactada en el álabe.**

$$F_x = \rho \cdot Q \cdot (V - u) \cdot \cos \theta$$

Velocidad de la salida de la boquilla con un salto hidráulico de 0.65 m.

Al sustituir en la [ec.5]

$$V = 0.8 \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$V = 0.8 \sqrt{2 * 9.8 * 0.65}$$

$$V = 2.85 / s$$

#### **4.3.1 Velocidad periférica de la rueda hidráulica.**

Al sustituir en la [ec.6]

$$U = 0.45 * V$$

$$U = 0.45 * 2.85 \text{ m/s}$$

$$U = 1.28 \text{ m/s}$$

#### 4.3.2 Número de revoluciones

Al sustituir en la

[ec.7]

$$n = \frac{u * 60}{\pi * Dr}$$

$$n = \frac{1.28 * 60}{\pi * 1.9}$$

$$n = 12.86 \text{ rpm}$$

El ángulo de salida que está determinado en este sistema es de 150, que presenta la facilidad del desfogue de agua en la paleta.

Al sustituir en

[ec.15]

$$Fx = 1000Kg/m^3 \cdot 1.2 \times 10^{-3} m^3/s \cdot \left( \frac{2.81m}{s} - \frac{1.28m}{s} \right) - \cos 150$$

$$Fx = 2.75N$$

Entonces la potencia de la rueda será igual a:

De [ec.16]

$$P = Fx \cdot u$$

$$P = 2.75 \times 1.28m/s$$

$$P = 3.52W$$

#### 4.4 Cálculo del torque de la Rueda

De [ec.17]

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 12.86 \frac{rev}{min} \times \frac{1min}{60 Seg} = 0.21 \frac{rev}{seg}$$

$$\omega = 2\pi \times 0.21 \frac{rev}{seg}$$

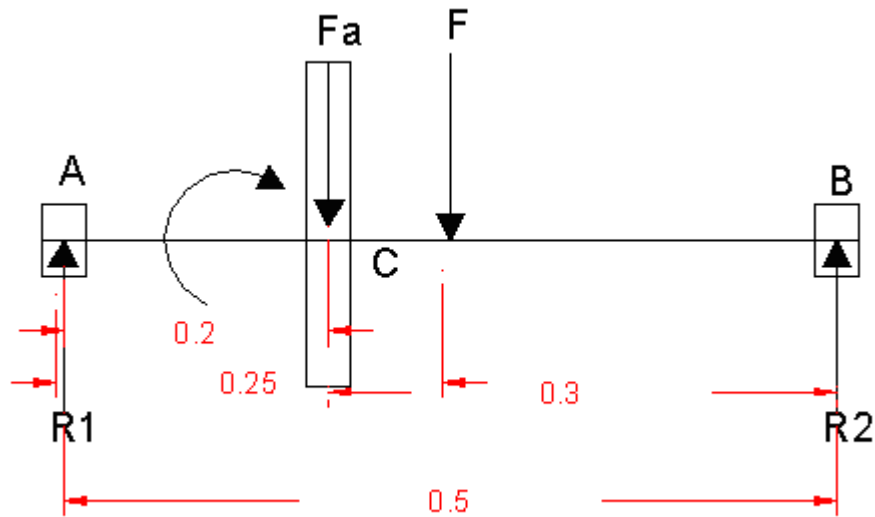
$$\omega = 1.31 \frac{rad}{seg}$$

$$T = \frac{3.52w}{1.31 \frac{rad}{seg}}$$

$$T = 2.68 N.m$$

#### 4.5 Cálculo del diámetro del eje.

**Figura 4. 1** Diagrama de cuerpo libre Eje



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

F= carga muerta de la rueda.

Para determinar el peso muerto de la rueda hidráulica, Se debe considerar el peso del agua dentro de la manguera, peso de la manguera, de los travesaños, anillo y alabes de la rueda; así como también los accesorios que conforman la misma.

##### 4.5.1 Peso del agua dentro del espiral

Para una manguera de 3/4plg

$$V = \frac{1\pi(0.019)^2}{4} \times 13$$

$$V = 3.68 \times 10^{-3} m^3$$

$$P = d \cdot V$$

$$P = 1000 \frac{Kg}{m^3} \times 3.68 \times 10^{-3} m^3$$

$$P_1 = 3.68 Kg$$

#### 4.5.2 Peso del Espiral

$$V = 0.019m \times \pi \times 0.003m \times 13m$$

$$V = 7.41 \times 10^{-4} m^3$$

$$P = d \cdot V$$

$$P = 910 \frac{Kg}{m^3} \cdot 7.41 \times 10^{-4} m^3$$

$$P_2 = 0.67 Kg$$

#### 4.5.3 Peso de Anillo

$$V = 1m \times \pi \times 0.04m \times 0.003m$$

$$V = 1.2 \times 10^{-4} m^3$$

$$P = d \cdot V$$

$$\text{Densidad del acero inoxidable AISI 304} = 7930 \frac{Kg}{m^3}$$

$$P = 7930 \frac{Kg}{m^3} \times 1.2 \times 10^{-4} m^3$$

$$P_3 = 0.95 Kg$$

#### 4.5.4 Peso Accesorios

$$P_4 = 9 Kg$$

$$\text{Peso de carga muerta} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$\text{Peso de carga muerta} = \mathbf{14 Kg}$$

$$\sum Fy = R1 - F + R2 - FA$$

$$\sum MA = 0$$

$$F \cdot 0.25 - R2 \cdot 0.5 + Fa \cdot 0.2 = 0$$

$$14x0.25 - R2x0.5 + 4.12x0.2$$

$$3.5 - 0.5R2 + 0.824$$

$$-0.5R2 = -4.3$$

$$R2 = \frac{4.3}{0.5}$$

$$R = 8.6 \text{ Kg}$$

$$\sum Fy = R1 - F + R2 - Fr$$

$$R1 - 14 + 8.6 - 4.12 = 0$$

$$R1 = 14 + 4.12 - 8.6$$

$$R1 = 9.52 \text{ Kg}$$

$$\sum MA = 0$$

$$F*0.25 - R2*0.5 + Fa*0.2 = 0$$

$$14x0.25 - 8.6x0.5 + 4.12x0.2 = 0$$

$$3.5 - 4.3 + 0.824 = 0$$

$$\sum MA = 0.024 \text{ Kg}$$

$$\sum MA = 0$$

$$F * 0.25 + Fa * 0.2$$

$$14 * 0.25 + 4.12 * 0.2$$

$$\sum MA = 4.32$$

$$\sum MA = 0$$

$$F * 0.2 = 0$$

$$4.12 * 0.2 = 0$$

$$\sum MA = 0.824$$

#### 4.6 Diámetro del eje

Material = 4340

El  $S_{ut}$  y  $S_y$  del acero 4340 se obtiene de la tabla 2.3.

$$S_{ut} = 965 \text{ Mpa} \times \frac{1 \text{ Kg/cm}^2}{0.0981 \text{ Mpa}}$$

$$S_{ut} = 9837 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$S_y = 855 \text{ Mpa} \times \frac{1 \text{ Kg/cm}^2}{0.0981 \text{ Mpa}}$$

$$S_y = 8716 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times \frac{100 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$S_y = 87160000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$S_e = 9837 \times 0.5$$

$$S_e = 4918.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Entonces al sustituir datos para el cálculo del diámetro del eje en la [ec.19]

$$d = \left\{ \frac{32(1.5)}{\pi} \left[ \left( \frac{2.68 \text{ Kgmm}^2}{87160000 \text{ Kg}} \right)^2 + \left( \frac{4.32 \text{ Kg.m}^2}{49185000} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \{ 15.27 [(9.45 \times 10^{-16}) + (7.71 \times 10^{-15})]^{\frac{1}{2}} \}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \{ 15.27 (9.30 \times 10^{-8}) \}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \{ 1.42 \times 10^{-6} \}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0.011$$

$$d = 11 \text{ mm}$$

Por lo tanto el diámetro del eje es de 1/2 plg con un factor de seguridad de 1.5.

#### 4.7 Cálculo de la longitud de la manguera espiral.

Con una manguera de  $\frac{3}{4}$  de diámetro sumado a una holgura de 4cm se tiene un paso de 5.9cm

*Datos del problema:*

$$Rf = 50cm$$

$$Ro = 7.5cm$$

$$h = \text{Separacion de las pistas } 5.9 \text{ cm}$$

Se determina el número de pistas al sustituir la [ec.20]

$$N = \frac{50 - 7.5}{5.9}$$

$$N = 7.2$$

Al sustituir con la [ec.21]

$$S =$$

$$\frac{2\pi}{5.9} \left\{ \frac{1}{2} 50 \sqrt{\frac{5.9^2}{4\pi^2} + 50^2} + \frac{5.9^2}{8\pi^2} \cdot \ln \left( 50 + \sqrt{\frac{5.9^2}{4\pi^2} + 50^2} \right) - \right.$$

$$\left. \frac{1}{2} 7.5 \sqrt{\frac{5.9^2}{4\pi^2} + 7.5^2} - \frac{5.9^2}{8\pi^2} \cdot \ln \left( 7.5 + \sqrt{\frac{5.9^2}{4\pi^2} + 7.5^2} \right) \right\}$$

$$S = 1.064 \left\{ \frac{1}{2} (25) \cdot (50) + 0.44 \ln(100) - \frac{1}{2} (7.5) \cdot (7.5) - 0.44 \ln(7.5 + 7.5) \right\}$$

$$S = 1.064 (1250 + 2.02 - 28.32 - 1.19)$$

$$S = 1301.92 \text{ mm}$$

$$S = 13 \text{ m}$$



#### 4.8 Cálculo del abastecimiento de agua para el Recinto La Magdalena correspondiente a la vivienda de Alejandro Bravo.

A) Cantidad de agua que se va a consumir.

**Tabla 4. 1** Abastecimiento de agua

4 personas x 100 ltr/dia	400 lt/dia
1 caballos y 1 burros x 40 ltr/dia	80 lt/dia
15 gallinas x 10 ltr/dia	150 lt/dia
<b>TOTAL</b>	<b>630 lt/dia</b>

Elaborado por: Andrés Cáceres

Entonces

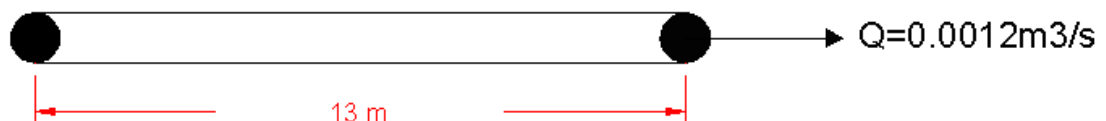
$Q = \text{Ltr/dia total.}$

$$Q = \frac{630 \text{ ltr}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}}$$

$$Q = 26.25 \frac{\text{ltr}}{\text{h}}$$

#### 4.9 Cálculo del diámetro de la manguera espiral.

**Figura 4. 2** Longitud de la manguera



Elaborado por: Andrés Cáceres

Para realizar este cálculo se determina la velocidad periférica de la rueda, para lo cual se utiliza la ecuación 6

$$u = 1.28$$

$$t = \frac{d}{v}$$

$$t = \frac{13m}{1.28m/s}$$

$$t = 10.15s$$

$$V = Q \times t$$

$$V = 1.2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} \times 10.15s$$

$$V = 0.012m^3$$

$$V = \frac{1\pi(\emptyset)^2}{4} \times d$$

$$(\emptyset)^2 = \frac{V \times 4}{d \times \pi}$$

$$\emptyset = \sqrt{\frac{V \times 4}{d \times \pi}}$$

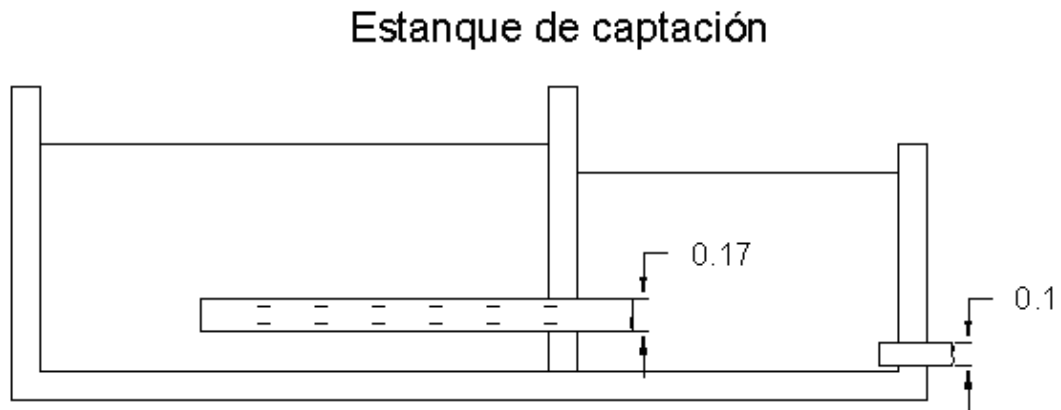
$$\emptyset = \sqrt{\frac{0.012m^3 \times 4}{13m \times \pi}}$$

$$\emptyset = 0.03m$$

**Nota.** Lo que indica que se puede trabajar con una manguera cuyo diámetro puede ser de 1 pulgada.

#### 4.10 Cálculo de la tubería perforada o desarenador.

**Figura 4. 3** Dimensiones estanque de captación.



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

Para calcular el caudal de salida mediante un orificio redondo con la [ec.22]

$$Q = 0.62 * \frac{1\pi(0.1)^2}{4} \sqrt{2 * 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 0.63m}$$

$$Q = 0.01738 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0.01738 \frac{m^3}{s} \times \frac{1000lt}{1m^3}$$

$$Q = \frac{17.38lt}{s}$$

Y para una tubería perforada se tiene la [ec.23]

$$Q = c'd \cdot A \sqrt{2 \cdot g(h1 - h2)}$$

Al sustituir datos en Ec.

$$0.01738 \frac{m^3}{s} = 0.62 \times A \times \sqrt{2 * 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 0.63m(0.6 - 0.5)}$$

$$0.01738 \frac{m^3}{s} = 0.69m \times A$$

$$A = \frac{0.017 \frac{m^3}{s}}{0.69m}$$

$$A = 0.024m^2$$

$$A = \frac{1\pi(\emptyset)^2}{4}$$

$$(\emptyset)^2 = \frac{Ax4}{\pi}$$

$$\emptyset = \sqrt{\frac{Ax4}{\pi}}$$

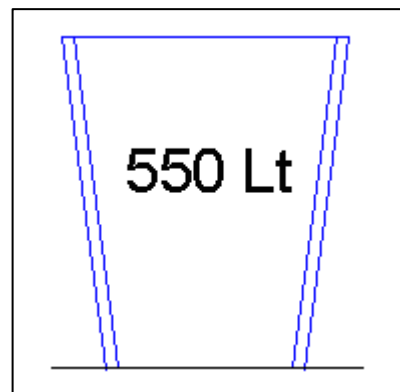
$$\emptyset = \sqrt{\frac{0.024 \times 4}{\pi}}$$

$$\emptyset = 0.17m$$

#### 4.11 Tiempo de llenado del recipiente receptor

Se determinará el tiempo de llenado del recipiente receptor el cual tiene un volumen de 550 litros.

**Figura 4. 4** Dimensiones recipiente receptor



**Elaborado por:** Andrés Cáceres

Se reemplaza datos en la ecuación [24]

$$V = 550lt \times \frac{1m^3}{1000 lt}$$

$$V = 0.55m^3$$

Por lo tanto:

$$2.5 \times 10^{-5} m^3 = \frac{0.55 m^3}{t}$$

$$t = \frac{0.55 m^3 \times seg}{2.5 \times 10^{-5} m^3}$$

$$t = 22000 \text{ seg}$$

$$22000 \text{ seg} \times \frac{1h}{3600 \text{ seg}}$$

$$t = 6.11 \text{ horas}$$

#### 4.12 Selección de Rodamientos.

La mayor carga radial que soporta el rodamiento se produce en la carga 1 por lo tanto la carga de diseño  $F_D = 9.52 \text{ N}$

Se seleccionará un rodamiento rígido de bolas, utilizando la ecuación 25 y se relaciona la carga deseada y requisitos de vida.

Al ser:

$$l_D = 50 \text{ Kh}$$

$$n_D = 17 \text{ rpm}$$

$$L_{10} = 10^6$$

$$X_D = \frac{L_D}{L_R} = \frac{60 * 50000 * 13}{10^6} = 39$$

En el caso de este tipo de rodamiento la car nominal dinámica con la cual se obtiene una confiabilidad deseada se determina con la ecuación [26]

Al ser:

$$R_D = 0.99$$

$$a = 3$$

$$X_0 = 0.02$$

$$\Theta = 4.459$$

$$b = 1.483$$

$$a_f = 1.2$$

$$C_{10} = 1.2 * 9.52 \left[ \frac{39}{0.02 + (4.459 - 0.02)(1 - 0.09)^{\frac{1}{1.483}}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10} = 64.17 \text{ Kg}$$

#### 4.13 Diseño de Tubo de pared delgada.

De [ec.28]

$$e = \frac{T}{2\pi \cdot \delta_{pro} \cdot r m^2}$$

Donde para el acero inoxidable 304 el  $\delta$  de fluencia =  $\frac{2813 \text{ Kg}}{\text{cm}^2}$

$$\delta_{pro} = \delta_{Fluencia} \times 0.52$$

$$\delta_{pro} = \frac{2813 \text{ Kg}}{\text{cm}^2} \times 0.52$$

$$\delta_{pro} = 1462.76 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} /$$

Por lo que:

$$e = \frac{268 \text{ Kg} \times \text{cm} \times \text{cm}^2}{2\pi \times 1462.76 \text{ Kg} \times (2.35 \text{ cm})^2}$$

$$e = 5.28 \times 10^{-3} \text{ cm} \times 10$$

$$e = 0.052 \text{ mm}$$

Para las condiciones de trabajo a la que el tubo está sometido en agua turbia arenisca,

el factor de corrosión por sección = 2.5mm.

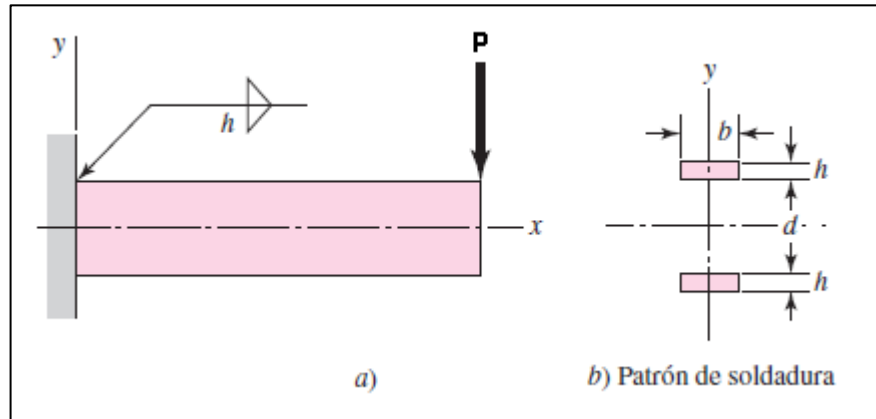
Entonces e equivqlente = 2.5mm + 0.052mm

e equivqlente = 2.55 mm

#### 4.14 Soldadura en Álabes.

Para el análisis de soldadura en los álabes se considera una viga en voladizo sometida a flexión como se muestra en la (figura 4.5)

**Figura 4. 5** Cordón de soldadura en álabe



Elaborado por: Shigley 2008. pág. 469

Al ser P la potencia con la que el chorro de agua impacta al álabe = 0.015Kg.. De las propiedades flexionantes de las soldaduras de filete de la tabla 3.6 seleccionamos un cateto y determinamos el área de la garganta

$$h = \frac{1}{16} plg = 1.6mm$$

Área de la garganta

$$A = 0.707x1.6x3$$

$$A = 3.39mm^2$$

Con la [ec.33] determinamos un cortante primario:

$$\tau' = \frac{0.275Kg}{3.39mm^2}$$

$$\tau' = 0.08 \frac{Kg}{mm^2}$$

El segundo momento de área se determina con la ecuación [ec.34]

$$I_u = \frac{(3)^3}{12}$$

$$I_u = 2.25$$

El segundo momento de área I, con base en el área de la garganta de la soldadura lo determinamos utilizando la [ec.35]

$$I = 0.707 * 1.6 * 2.25$$

$$I = 2.54$$

De la ecuación [ec.36] se obtiene un cortante secundario:

$$\tau'' = \frac{(50mm * 0.27Kg) * (\frac{3}{2})}{2.6}$$

$$\tau'' = 7.1 \frac{Kg}{mm^2} = 710 \frac{Kg}{cm^2}$$

Si el Sut = 75 Kpsi, para un cordón de soldadura aplicando un material de aporte 308L-16 para aceros AISI 304 y un proceso TIG:

$$Se = 0.5(75Kpsi)$$

$$Se = 37.5Kpsi = 2642 \frac{Kg}{cm^2}$$

Finalmente con la siguiente ecuación determinaremos el factor de seguridad

$$nf = \frac{1}{\frac{ra}{Se} + \frac{rb}{Sut}}$$

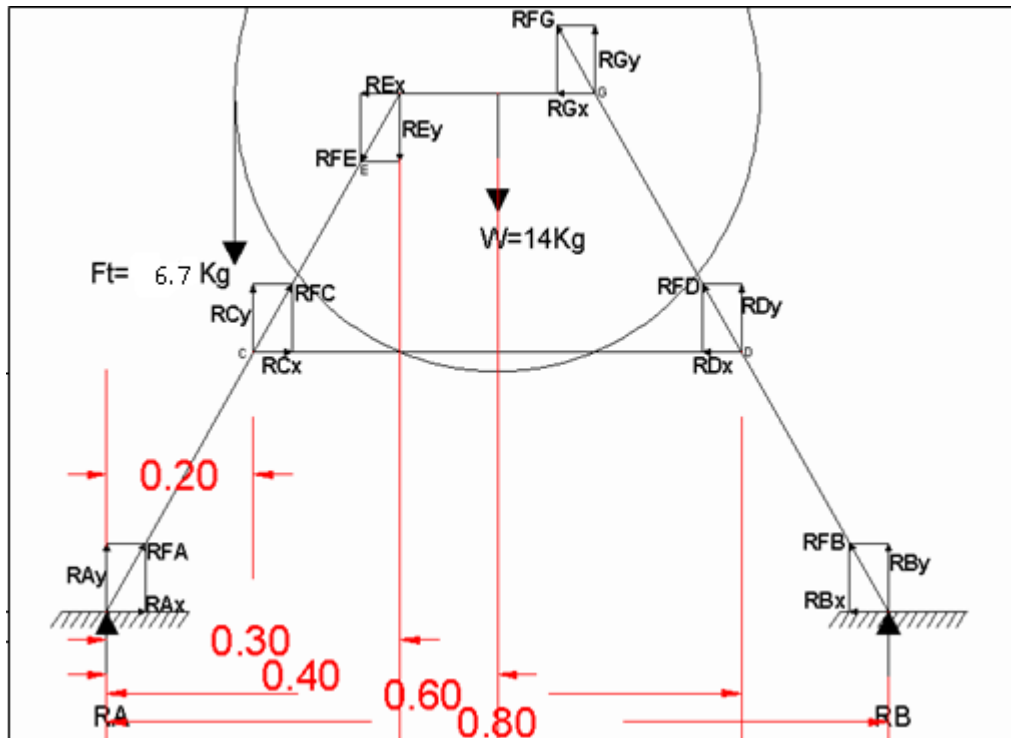
$$nf = \frac{1}{\frac{710}{2642} + \frac{710}{2642}}$$

$$nf = 1.86$$



#### 4.15 Cálculo del Soporte de la Rueda Hidráulica

Figura 4. 6 Diagrama de cuerpo libre soporte



Elaborado por: Andrés Cáceres

$$R_{Ay} = R_A$$

$$R_{By} = R_B$$

$$R_{FA} = R_{FC}$$

$$R_{FD} = R_{FB}$$

$$R_{Ax} = R_{FA} \cos 70^\circ$$

$$R_{Ay} = R_{FA} \sin 70^\circ$$

$$R_{By} = R_{FB} \sin 70^\circ$$

$$R_{Bx} = R_{FB} \cos 70^\circ$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{Ax} + R_{Cx} - R_{Ex} - R_{Bx} - R_{Dx} - R_{Gx} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_y + RC_y - RE_y + RB_y + RD_y + RG_y - 14Kg - 6.7Kg = 0$$

$$RFA\cos 70^\circ + RFA\cos 70^\circ - RFA\cos 70^\circ - RFB\cos 70^\circ - RFB\cos 70^\circ - RFB\cos 70^\circ = 0$$

$$RFA\cos 70^\circ - 3RFB\cos 70^\circ = 0$$

$$RFA = \frac{3RFB\cos 70^\circ}{\cos 70^\circ}$$

$$RFA = 3RFB$$

$$RFA\sin 70^\circ + RFA\sin 70^\circ - RFA\sin 70^\circ + RFB\sin 70^\circ + RFB\sin 70^\circ + RFB\sin 70^\circ - 14Kg - 6.7Kg = 0$$

$$RFA\sin 70^\circ + 3RFB\sin 70^\circ - 31.49Kg = 0$$

$$3RFB\sin 70^\circ + 3RFB\sin 70^\circ - 31.49Kg = 0$$

$$6RFB\sin 70^\circ = 31.49Kg$$

$$RFB = 5.24Kg$$

$$RFA = 3(5.24Kg)$$

$$RFA = 15.74Kg$$

$$\sum MA = 0$$

$$-RC_y 0.2 + RE_y 0.5 - RG_y 0.5 - RD_y 0.6 - RB_y 0.8 + W 0.4 - Ft 0.1 = 0$$

$$-RC_y 0.2 + RE_y 0.5 - RG_y 0.5 - RD_y 0.6 - RB_y 0.8 + 14Kg(0.4) - 6.7(0.1) = 0$$

$$RFA\sin 70^\circ(0.2) + RFA\sin 70^\circ(0.3) - RFA\sin 70^\circ(0.5) - RFB\sin 70^\circ(0.6) - RFB\sin 70^\circ(0.8) + 5.6Kg.m - 1.74Kg.m = 0$$

$$15.74\sin 70^\circ(0.2) + 15.74\sin 70^\circ(0.3) - 15.74\sin 70^\circ(0.5) - 5.24\sin 70^\circ(0.6) - 5.24\sin 70^\circ(0.8) + 5.6Kg.m - 1.74Kg.m = 0$$

$$2.95 + 4.43 - 7.39 - 2.95 - 3.93 + 5.6Kg.m - 1.74Kg.m$$

$$Mc = 2.99Kg.m \times \frac{100cm}{1m}$$

$$Mc = 299Kg.cm$$

$$\delta = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{Mc}{\delta}$$

$$I = \frac{299Kg.cm \times 2.5cm}{2200 \frac{Kg}{cm^2}}$$

$$I = 0.33cm^4$$

El factor de seguridad (Fy) = 2.5 x 0.33 = 0.86, correspondiente a un ángulo de 30x3 mm

## **CAPÍTULO V**

### **COSTOS**

#### **INTRODUCCIÓN**

Este capítulo contempla costos de materiales que darán lugar a las partes o elementos que conforman la rueda Hidráulica, así como también costos de materiales de obra civil (estanque de captación) que no es parte o elemento de la rueda hidráulica pero que es fundamental para el funcionamiento de la misma.

#### **5.1 Costos Directos**

Son elementos necesarios que intervienen en la producción de un proyecto.

Estos elementos a tomar en cuenta dentro de los costos directos son:

- Materiales directos de producción.
- Mano de obra directa de producción.

##### **5.1.1 Materiales directos de producción**

Son partes o elementos que se agrupan con el fin de desarrollar el producto, teniendo en cuenta que en la construcción del mismo a más de la materia prima existen diferentes partes o elementos que forman parte de este, como pernos, tuercas, bridas, los mismos se sumarán a los costos directos.

##### **5.1.2 Mano de obra directa de producción**

Son las personas involucradas directamente con la fabricación del producto, ya sea torneando, soldando, cortando, etc.

##### **5.1.3 Costos Indirectos**

Son todos los costos de fabricación distintos de los materiales directos y de la mano de obra directa.

#### 5.1.4 Materia prima

Se tiene claro que los costos de materia prima se refieren a materiales directos que se utiliza para la construcción del proyecto, materiales obtenidos de la naturaleza o mediante un proceso de fabricación; esto previo al proceso de diseño de una máquina en particular.

Se calculará por separado los costos de materia prima, mecanizado, mano de obra y gastos indirectos, tanto para la construcción de la rueda hidráulica como para la construcción del estanque.

#### 5.1.5 Costo de materia prima para la obra civil.

El estanque está construido para la captación de  $2000m^3$  de agua, por lo cual es necesario realizar una tabla la cual mostrará la materia prima que se utilizó en la construcción del mismo.

**Tabla 5. 1** Costos materia prima estanque captación.

<b>COSTOS MATERIA PRIMA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Cemento Rocafurte	15	7.9	118.5
2	Carretillas arena	20	3	60
3	Ripio	20	3	60
4	Quintales Varilla 1/2 plg	6	15	90
5	Planchas tabla tiplex 12mm	8	14.55	116.4
6	Libras clavos 2plg	1	2.5	2.5
7	Acelerante cemento SIKA	2	8	16
			Subtotal	<b>463.4</b>

Elaborado por: Andrés Cáceres

#### 5.1.6 Costo Mano de Obra directa

El trabajo lo realizaron tres personas a las cuales les tomó tres días para la elaboración de estanque, columnas que soporta la tubería de presión y del canal que transporta el agua. En el primer día se procedió a limpiar el área donde se construyó el estanque y a desviar el cauce del riachuelo, también se transportó todo el material

hacia el área de construcción. En el segundo día se procedió a realizar el encofrado y estructura para su fundición, la misma que se realizó el tercer día. Por este trabajo se canceló \$550

#### 5.1.7 Costo de materia prima para la construcción de la Rueda Hidráulica.

**Tabla 5. 2** Costos materia prima Rueda hidráulica

COSTOS MATERIA					
PRIMA					
ITEM	DETALLE	CANT.	DATOS TECNICOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Angulo acero inoxAISI 304	1	30x30x6000 mm	37	37
2	Acero AISI 4340	1	Ø13x100mm	48	48
3	Plancha acero inoxidable AISI 304	1	1200x2400 mm	97	97
4	Tubo redondo	1	Ø25.4mm	28	28
5	Chumacera	1	Ø25.4mm	33	33
6	Manguera		Ø3/4 Plg 200 m	155	155
7	Tubo redondo Acero inoxidable AISI 304	1	Ø50mm	59	59
8	Abrasaderas	6	Ø40mm	6	36
9	Rodamiento	1	Ø 2Plg	24	24
10	Pernos, tuercas, arandelas hex.	6	Ø127x5 mm	3	18
11	Tubo PVC	1	Ø100 mm	17	17
12	Tubo PVC	1	Ø50 mm	15	15
13	Tubo PVC	1	Ø25.4 mm	12	12
14	Tubo PVC	1	Ø19 mm	10	10
15	Tanque de agua		1000 Ltr	105	105
				<b>Total</b>	<b>695</b>

**Elaborado por:** Andrés Cáceres

#### 5.1.8 Costos de Mecanizado.

Se considera el proceso de cambio en la estructura y forma que se realice a la materia prima, ya sea utilizando maquinas herramientas, herramientas y soldaduras.

**Tabla 5. 3** Costos de mecanizado

Costo mano de obra mecanizado						
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Anillo	Roladora	1	1	40	40
		Cierra Elec		0	0	0
		Soldadora		1	5	5
					Subtotal	45
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Alabes	Dobladora	50	0	0	0
		Cierra Elec		2	1	100
		Soldadora		2	1	100
					Subtotal	200
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Prisma	Torno	2		0	0
		Taladro		0	0	0
		Soldadora		1	60	60
					Subtotal	120
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Eje		1			
		Torno		1	40	40
					Subtotal	40
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Travesaños		4			0
		Cierra Elec		1	30	120
		Soldadora		1	30	120
					Subtotal	240
Item	Detalle	Maquina Herramienta	Cantidad	Horas Hombre	Valor unitario	Valor Total
1	Cono	Torno	1	2	40	40
		Cierra Elec		0	0	0
		Soldadora		0	0	0
					Subtotal	40

Total Mecanizado = 685

Elaborado por: Andrés Cáceres

### 5.1.9 Costos indirectos

**Tabla 5. 4** Costos indirectos

ITEM	DETALLE	VALOR UNITARIO
1	Transporte	100
2	Maquinado indirecto	50
3	Imprevistos	50
		<b>200</b>

**Elaborado por:** Andrés Cáceres

### 5.1.10 Valor total proyecto Rueda Hidráulica

**Tabla 5. 5** Costo total proyecto rueda hidráulica

Valor total máquina		
ITEM	DETALLE	VALOR UNITARIO
1	Costos materia prima de obra civil	463.4
2	Costos mano obra en obra civil	550
3	Costos materia prima rueda h.	695
4	Costos mecanizado rueda h.	685
5	Costos indirectos	200
	Total	<b>2593.4</b>

**Elaborado por:** Andrés Cáceres



## **CONCLUSIONES**

Al finalizar el presente proyecto de concluye:

- Al colocar desde el estanque de captación, tubería de 4 pulgadas seguida de una de 2 pulgadas y finalmente tubería de 1 pulgada la velocidad del caudal y las revoluciones por minuto de la rueda aumentan.
- El caudal de agua generado por la rueda hacia el tanque reservorio es de 1.5 lt/min.
- El tiempo que demora en llenarse el tanque reservorio de 550 litros son 12.22 horas.
- Fue necesario la construcción de un estanque de captación de 2x1x1 metros para captar agua con la finalidad de hacer trabajar la rueda hidráulica.
- Fue necesario instalar una válvula de aire a 100 metros para evitar contrapresión de aire.
- Toda la rueda fue construida de acero inoxidable para evitar la corrosión.

## **RECOMENDACIONES**

- Este tipo de instalaciones es recomendable para lugares con largas distancias y poca altura de bombeo.
- Para la construcción de la rueda es recomendable utilizar un material versátil y de fácil adquisición para su posterior reparación.
- Se recomienda utilizar una llave de paso al final la tubería donde el agua choca con los álabes de la rueda, con el fin de regular el caudal en épocas de invierno y verano.
- Se recomienda que el agua para consumo humano debe hervirse, ya que en el presente estudio no consta el tratamiento físico-químico del agua.
- Se recomienda realizar un posterior estudio de las propiedades físico-químicas del agua subterránea que se utiliza en el presente proyecto.

## LISTA DE REFERENCIAS

Cardona. A. (1985). *Revista facultad nacional de agronomía*. Colombia. Vol. XXXVIII.

Hibbeler. (2006). *Mecánica de materiales*. México. Pearson Educación.

Azevedo. N. (1976). *Manual de hidráulica*. México. Harper y Row.

Rodamientos FAG. (2000). *Catálogo WL 41 520/3 SB*

Shingley. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica*. México. McGrawHill.

Ortiz. C. *Rueda hidráulica*

[http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/rueda\\_hidraulica/rueda\\_hidraulica.html](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/rueda_hidraulica/rueda_hidraulica.html)

Cinemática. *Estudio de los movimientos*

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/\\_cinematica/circular/casete/casete.html](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/_cinematica/circular/casete/casete.html)

Sumitec. *Acero AISI 304*

<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

OMS - Ministerio de Salud (1972). *Fuentes de abastecimiento*.

[http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua\\_potable/agua\\_potable4.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable4.pdf)

Scribd. *Bomba espiral*.

<http://www.scribd.com/doc/61811632/bombaaespiral>

## **ANEXOS**

### **Anexo 1 Planos**

## Anexo 2 Estanque de captación.





### Anexo 3 Rueda hidráulica



## Anexo 4 Catálogos

### 4.1 catálogo de acero inoxidable AISI 304

[ACERO](#) [TECHOS](#) [FERRETERIA](#) [RED COMERCIAL](#) [CENTRO DE SERVICIOS](#) [↓](#) [DESCARGAS](#) [CONTÁCTENOS](#)



CERRAJERIA DECORATIVA

EJES

FERRETERIA

INOXIDABLE

LAMINADOS

LOSA COLABORANTE

MALLAS

PANELES ESTAMPADOS

PERFILES ESTRUCTURALES

PLANCHAS

SOLDADURA

TECHOS

TUBERIA SIN COSTURA

TUBOS

VIGAS

dipacmanta.com

### ITALIA - VARILLAS Y BARRAS PARA CERRAJERIA

CATALOGO LINEA HOGAR



**DIPAC®**  
**PRODUCTOS DE ACERO**

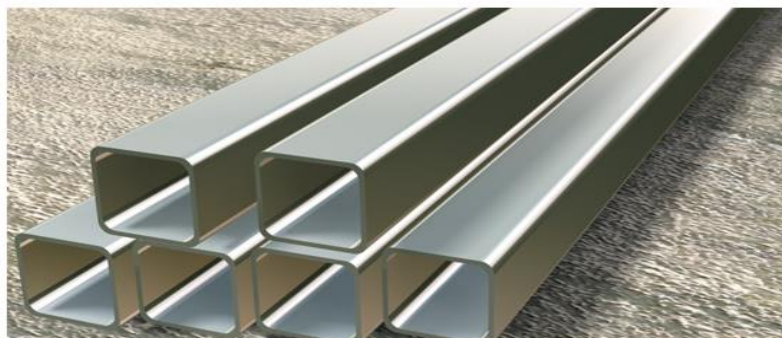
CATALOGO LINEA HOGAR



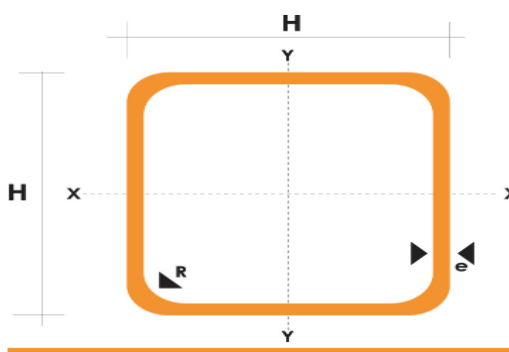
[Proforma](#) 

## 4.2 catálogo de tubo acero inoxidable AISI 304

### TUBO ACERO INOXIDABLE CUADRADO



NORMA AISI 304  
 LARGO NORMAL 6.00m  
 OTROS LARGOS PREVIA CONSULTA  
 DIMENSIONES DESDE 1/2" HASTA 2"  
 ESPESOR DESDE 0.60mm HASTA 2.00mm



Pulgadas	DIMENSIONES		PESO		AREA			EJES X-X E Y-Y	
	H	e	P	Kg/6m	A	I	W	I	
	mm	mm			cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
1/2	12	0.60	1.32		0.27	0.06	0.10	0.47	
		0.75	1.86		0.32	0.07	0.12	0.47	
		0.95	2.28		0.40	0.08	0.13	0.45	
5/8	15	0.60	1.74		0.35	0.12	0.16	0.59	
		0.75	2.16		0.41	0.14	0.19	0.58	
		0.95	2.70		0.51	0.16	0.21	0.56	
3/4	20	0.60	2.22		0.47	0.29	0.29	0.79	
		0.75	2.88		0.56	0.34	0.34	0.78	
		0.95	3.60		0.70	0.41	0.41	0.77	
		1.10	4.20		0.80	0.47	0.47	0.77	
1	25	1.50	5.64		1.05	0.58	0.58	0.74	
		0.75	3.60		0.71	0.69	0.55	0.99	
		0.95	4.50		0.89	0.84	0.67	0.97	
		1.10	5.22		1.02	0.95	0.76	0.97	
1 1/4	30	1.50	7.08		1.35	1.21	0.97	0.95	
		0.95	5.40		1.08	1.50	1.00	1.18	
		1.10	6.24		1.24	1.70	1.13	1.17	
		1.50	8.46		1.65	2.19	1.47	1.15	
1 1/2	40	0.95	7.20		1.46	3.68	1.84	1.59	
		1.10	4.34		1.68	4.20	2.10	1.58	
		1.50	11.28		2.25	5.48	2.74	1.56	
2	50	1.50	14.04		2.85	11.06	4.42	1.97	

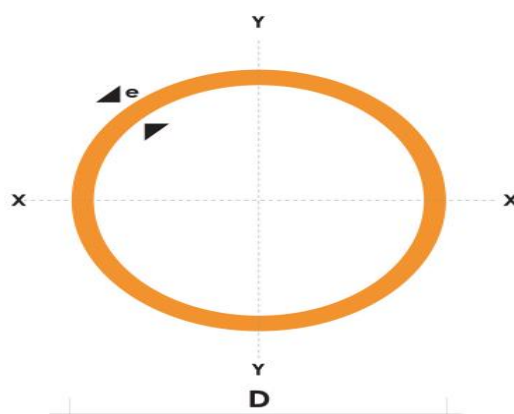


### 4.3 catálogo de tubo redondo de acero inoxidable AISI 304

#### TUBO ACERO INOXIDABLE REDONDO



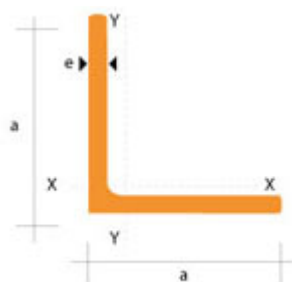
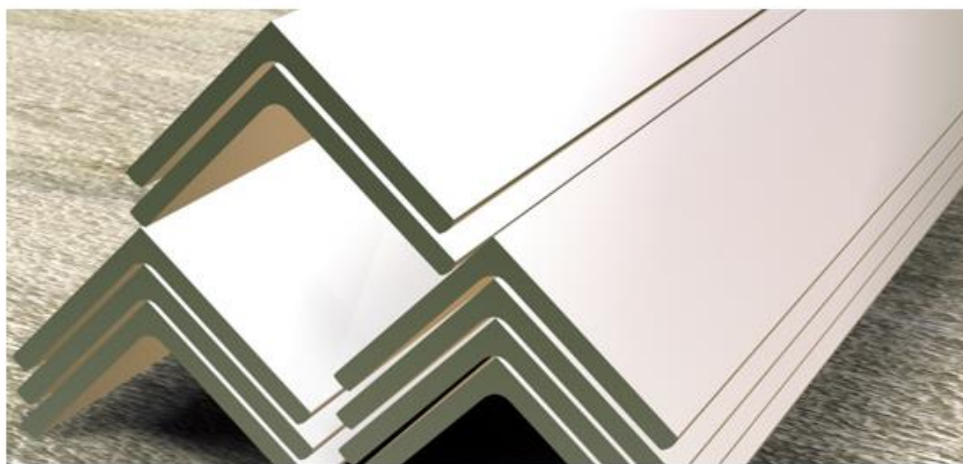
NORMA AISI 304  
 LARGO NORMAL 6.00m  
 OTROS LARGOS PREVIA CONSULTA  
 DIMENSIONES DESDE 5/8" HASTA 2-7/8"  
 ESPESOR DESDE 0.80mm HASTA 2.00mm



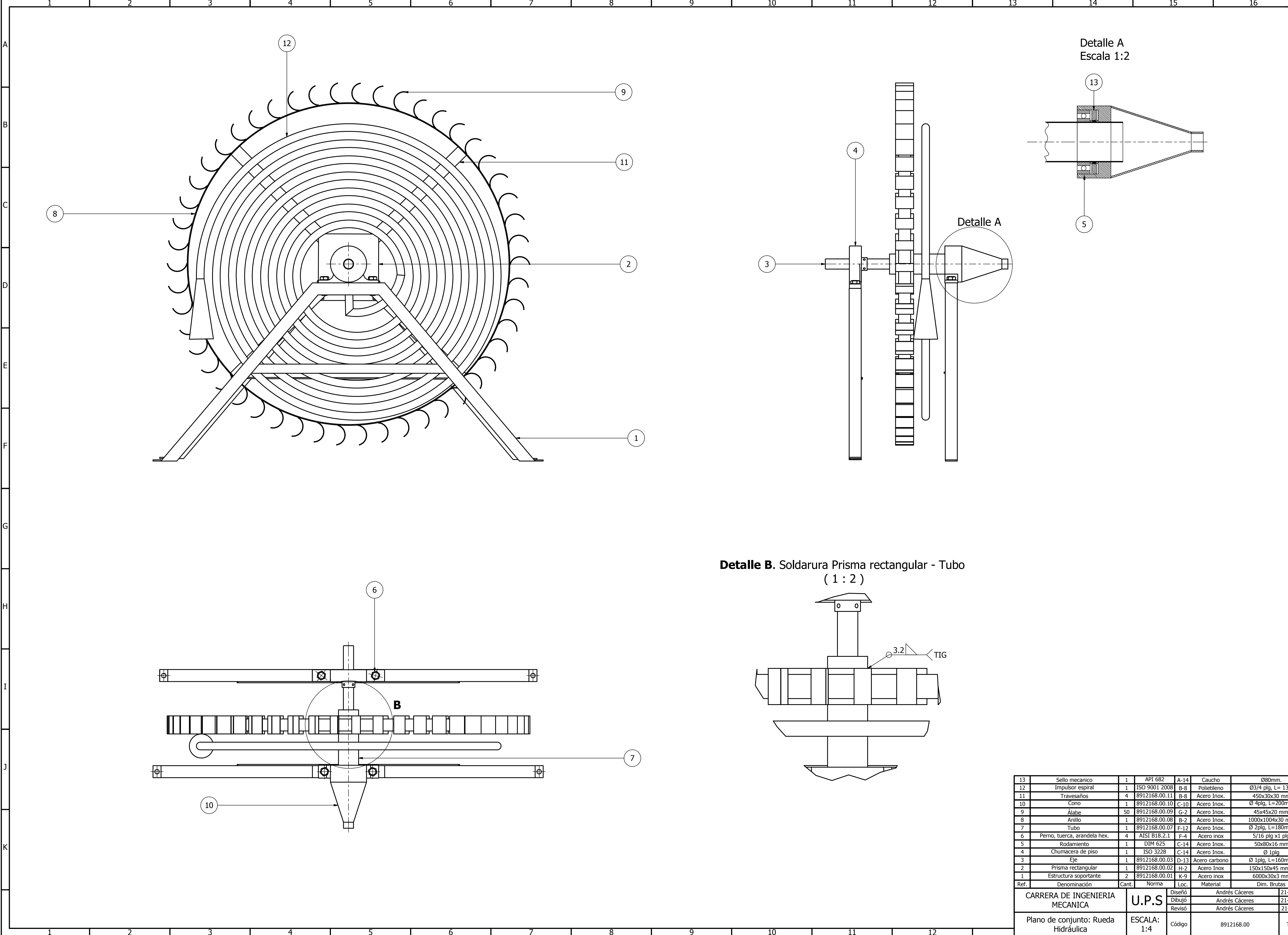
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

#### 4.4 catálogo de ángulo de acero inoxidable AISI 304

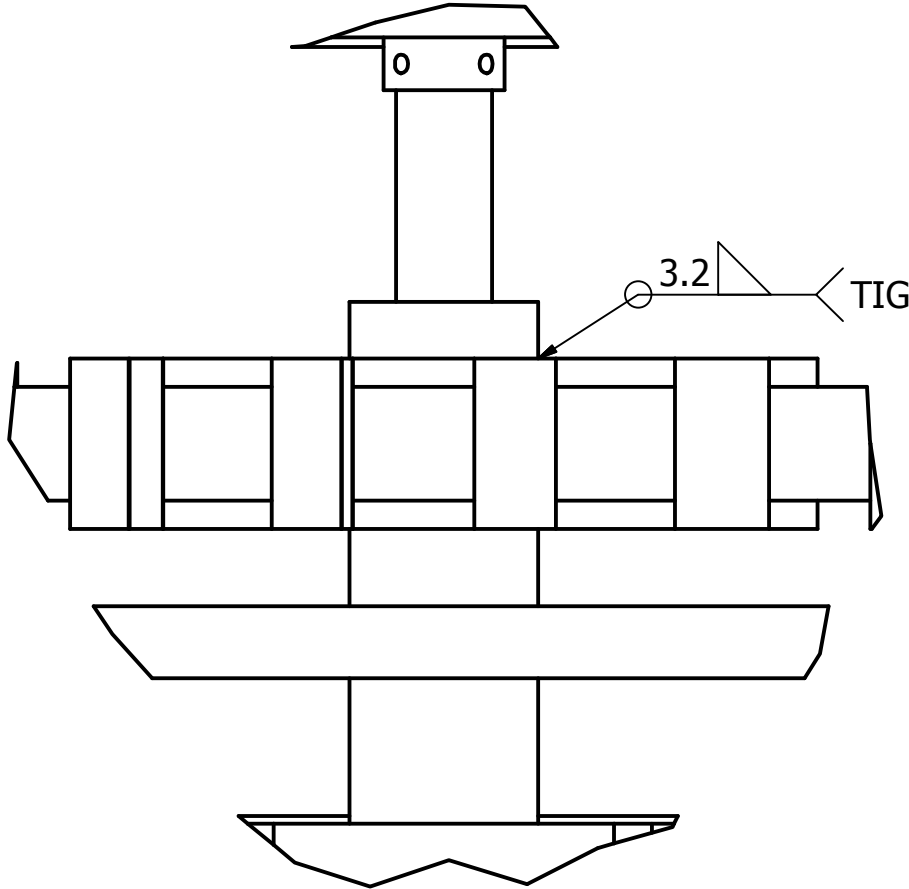
##### ANGULOS ACERO INOXIDABLE CALIDAD AISI 304



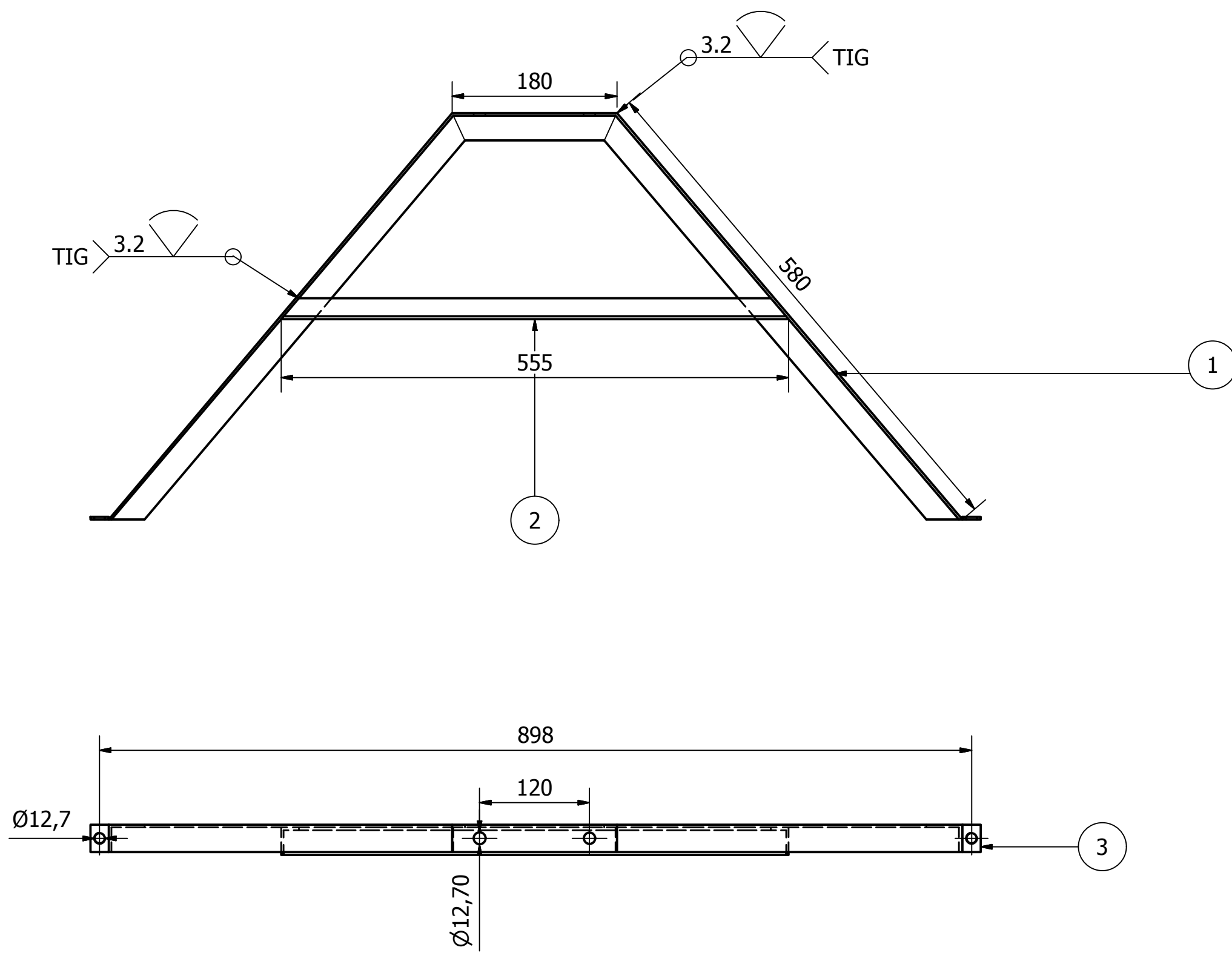
DIMENSIONES		PESO		AREA
mm				
a	e	kg/m	kg/6m	cm2
20	2	0.60	3.62	0.76
20	3	0.87	5.27	1.11
25	2	0.75	4.56	0.96
25	3	1.11	6.68	1.41
25	4	1.45	8.75	1.84
30	3	1.36	8.13	1.71
30	4	1.77	10.63	2.24
40	3	1.81	11.00	2.31
40	4	2.39	14.34	3.04
40	6	3.49	21.34	4.44
50	3	2.29	13.85	2.91



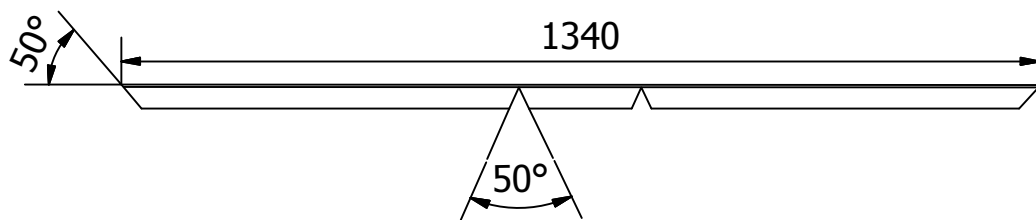
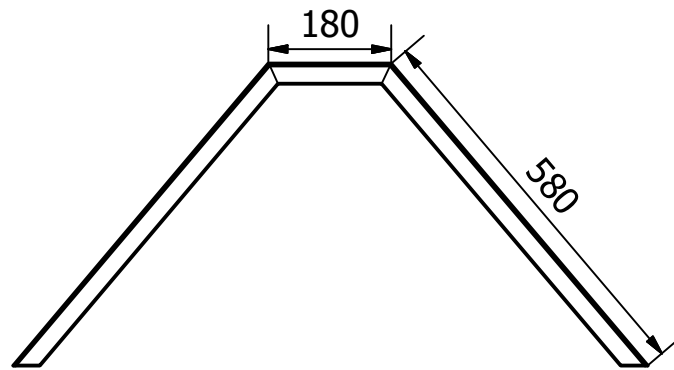
Detalle B. Soldadura Prisma rectangular - Tubo  
( 1 : 2 )



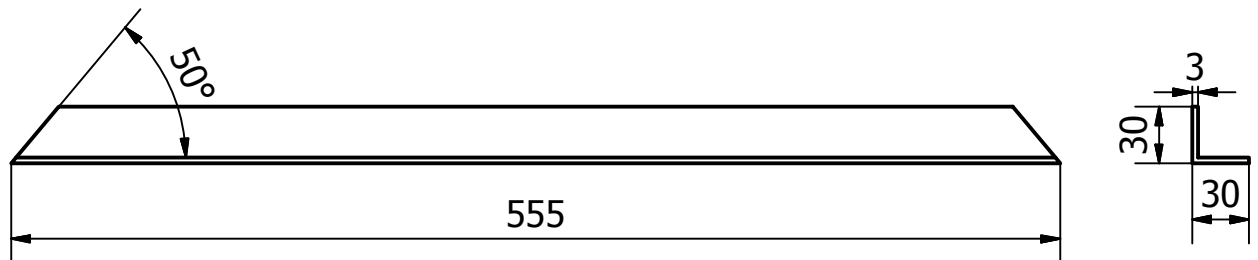
13	Sello mecanico	1	API 682	A-14	Caucho	Ø80mm.	
12	Impulsor espiral	1	ISO 9001 2008	B-8	Polietileno	Ø3/4 plg, L= 13m	
11	Travesaños	4	8912168.00.11	B-8	Acero Inox.	450x30x30 mm	
10	Cono	1	8912168.00.10	C-10	Acero Inox.	Ø 4plg, L=200mm	
9	Álabe	50	8912168.00.09	G-2	Acero Inox.	45x45x20 mm	
8	Anillo	1	8912168.00.08	B-2	Acero Inox.	1000x1004x30 mm	
7	Tubo	1	8912168.00.07	F-12	Acero Inox.	Ø 2plg, L=180mm	
6	Perno, tuerca, arandela hex.	4	AISI B18.2.1	F-4	Acero inox	5/16 plg x1 plg	
5	Rodamiento	1	DIM 625	C-14	Acero Inox.	50x80x16 mm	
4	Chumacera de piso	1	ISO 3228	C-14	Acero Inox.	Ø 1plg	
3	Eje	1	8912168.00.03	D-13	Acero carbono	Ø 1plg, L=160mm	
2	Prisma rectangular	1	8912168.00.02	H-2	Acero Inox	150x150x45 mm	
1	Estructura soportante	2	8912168.00.01	K-9	Acero inox	6000x30x3 mm	
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Loc.	Material	Dim. Brutas	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	21-04-2015	
				Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
				Revisó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
Plano de conjunto: Rueda Hidráulica			ESCALA: 1:4	Código	8912168.00	Tol.:±1	



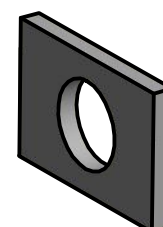
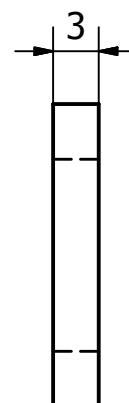
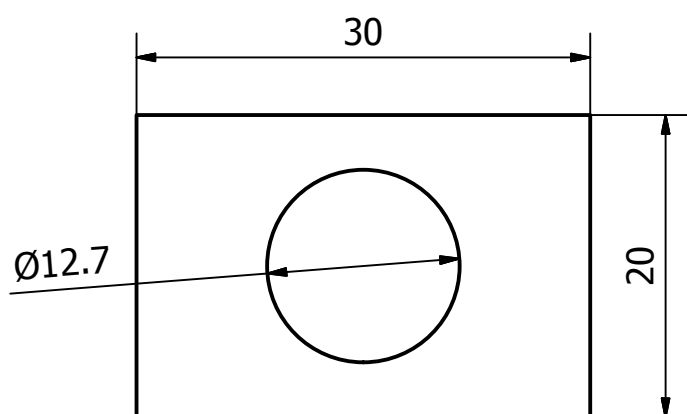
3	Placa base	1	8912168.00.01.03	AISI 304	30x20x3 mm
2	Angulo de acero inoxidable	1	8912168.00.01.02	AISI 304	30x3, L=555 mm
1	Angulo de acero inoxidable	1	8912168.00.01.01	AISI 304	30x3, L=1340 mm
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	18-02-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	18-02-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	18-02-2015
Estructura soportante		ESCALA: 1:5	Código	8912168.00.01	Tol.: ± 0.1



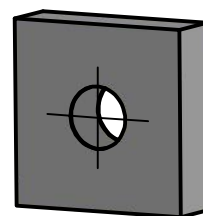
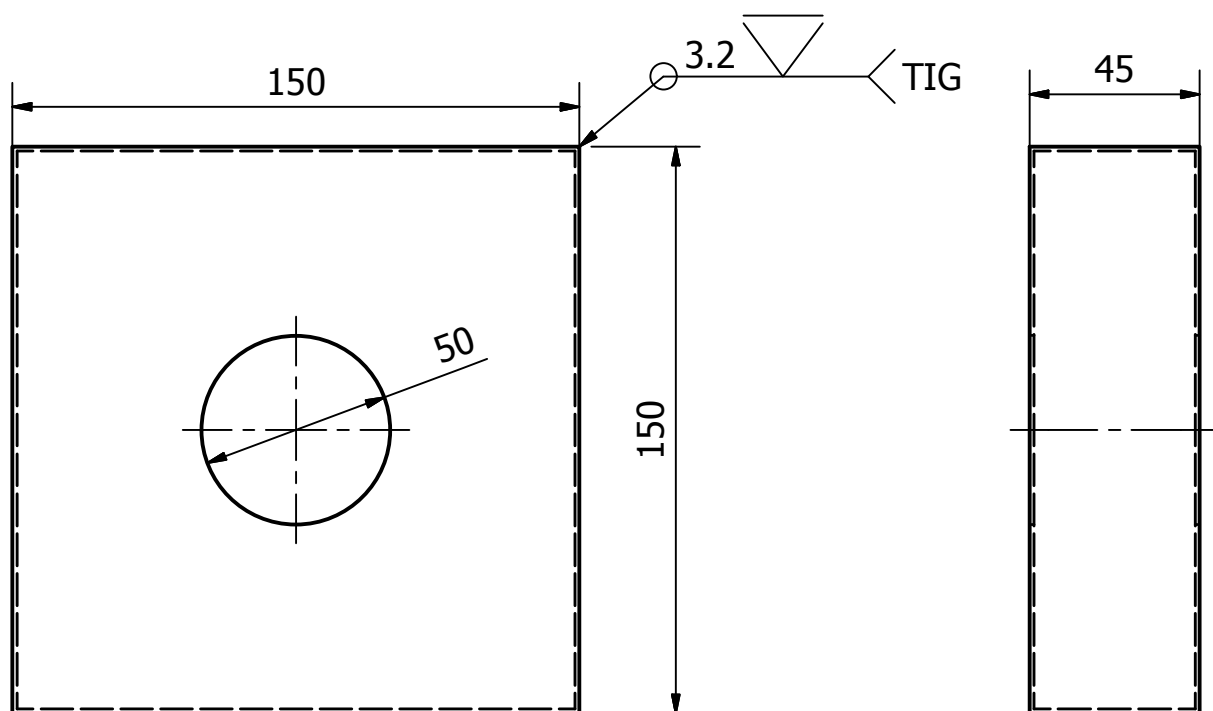
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 30X3, L=1340 mm	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseñó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
ÁNGULO de acero inoxidable		Escala: 1:2	Código:	8912168.00.01.01	Tol.: ±0.1



Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 550x30x3	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	18-02-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	18-02-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	18-02-2015
Angulo de acero Inoxidable		Escala: 1:4	Código:	8912168.00.01.02	Tol.: ±0.1

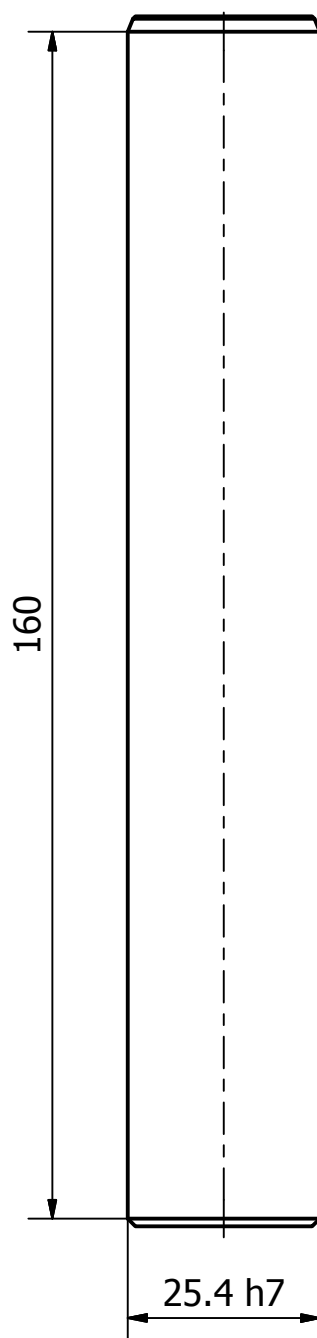


Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 30x20x3	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseñó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
		Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
		Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015	
Placa base-patas estructura soportante		Escala: 1:0.5	Código:	8912168.00.01.03	Tol.: ±0.1



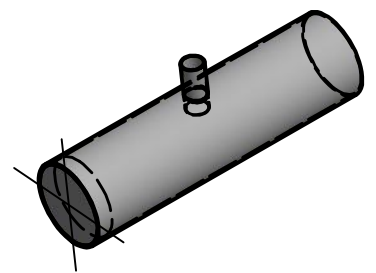
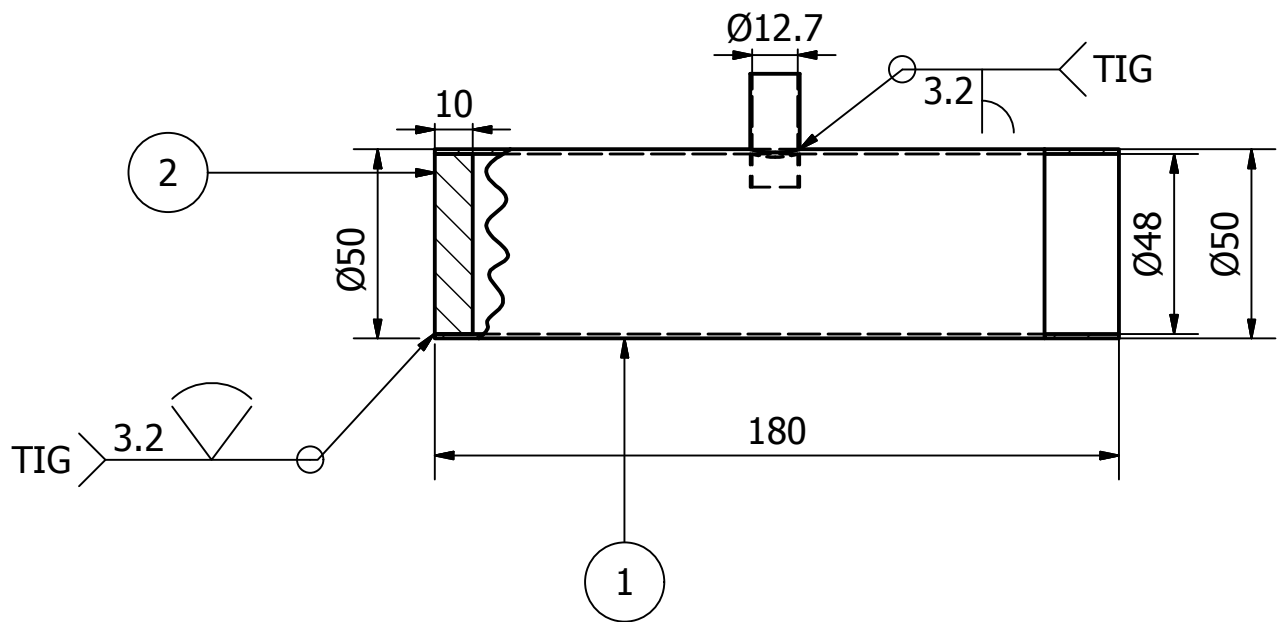
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 150x150x45	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA	U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres		18-02-2015
		Dibujó	Andrés Cáceres		18-02-2015
		Revisó	Ing. Milton Jami		18-02-2015
Cubo	Escala: 1:2	Código:	8912168		Tol.: ±1



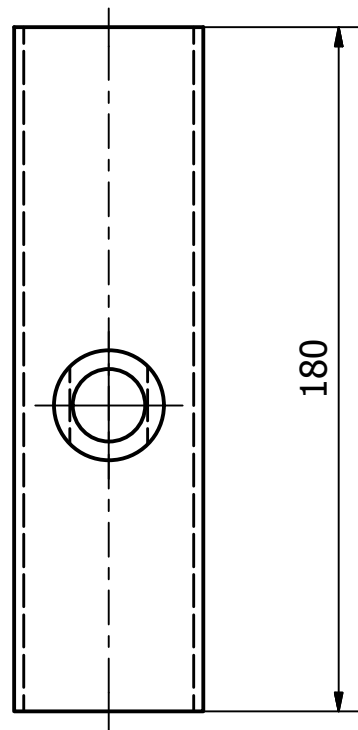
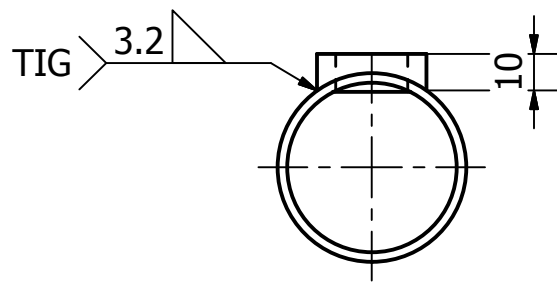


Nota: Chaflan a 45°  
Ajuste h7 =  $\pm 0.025$

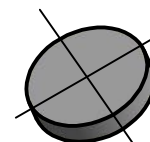
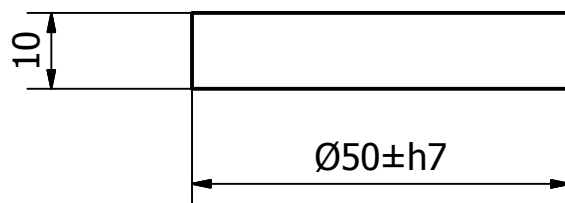
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304	Dimensiones Brutas Ø 1plg, L=165mm	
Recubrimiento	NA			
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA	U.P.S	Diseñó	Andrés Cáceres	21-04-2015
		Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
		Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Eje	Escala: 1:1	Código:	8912168.00.03	Tol: $\pm 0.1$



2	Eje de acero inoxidable	1	8912168.00.07.02	AISI 304	Ø50, L=12 mm
1	Tubo acero Inoxidable	1	8912168.00.07.01	AISI 304	Ø50, L=180 mm
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA			Diseñó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Tubo			Escala: 1:2	Código: 8912168.00.07	Tol.: ±0.1

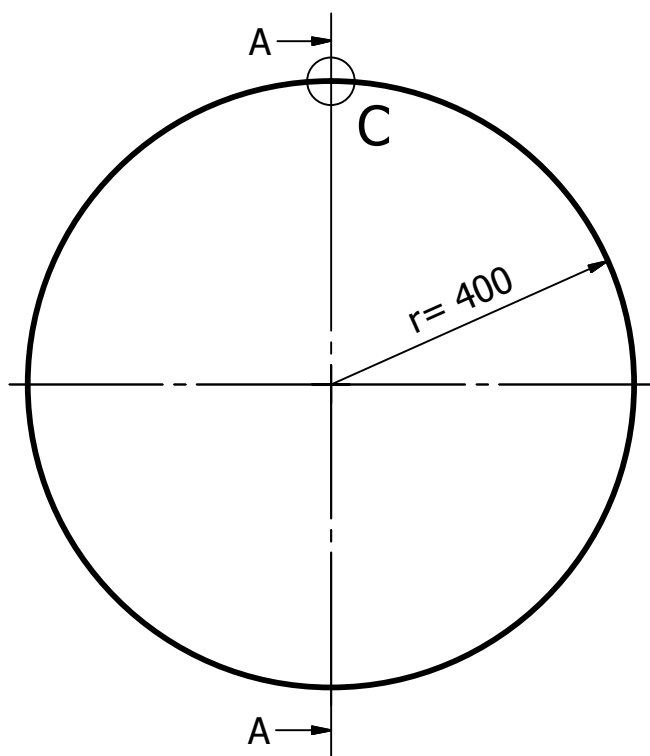


Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas Ø 2plg, L=200mm	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Tubo		Escala: 1:2	Código:	8912168.00.07.01	Tol.: ±0.1

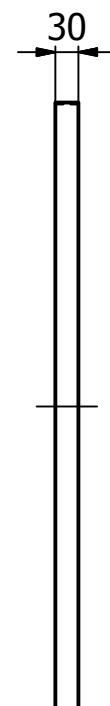


Nota: Ajuste  $h7 \pm 0.025$

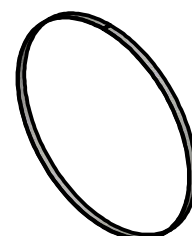
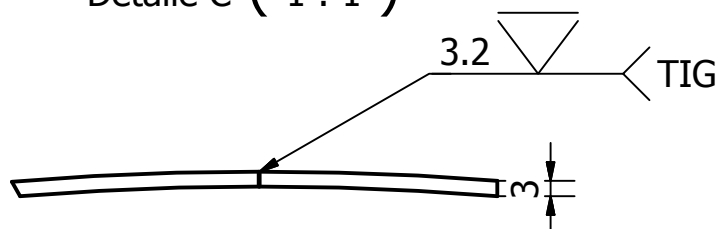
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas Ø50, L=12 mm	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Eje		Escala: 1:0.5	Código:	8912168.00.07.02	Tol.: ±0.1



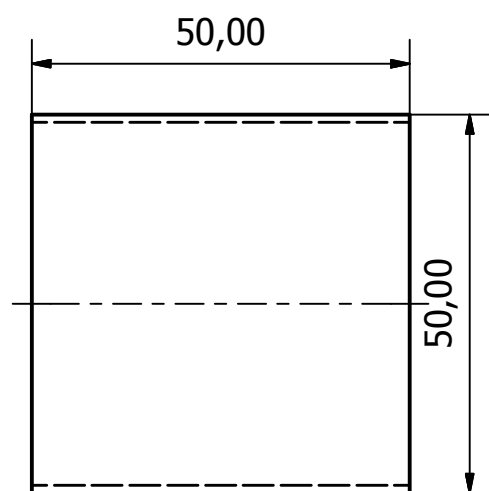
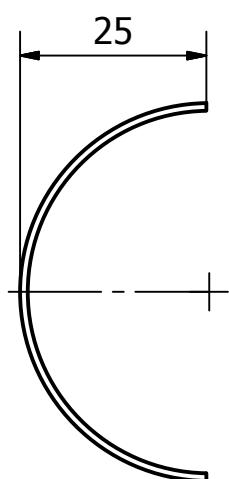
Corte A-A'



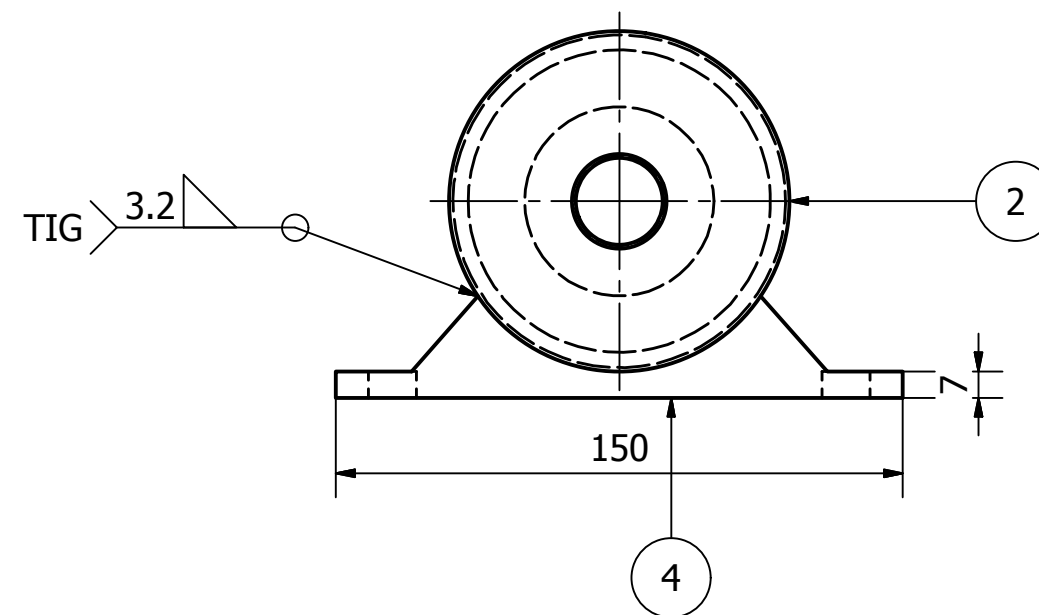
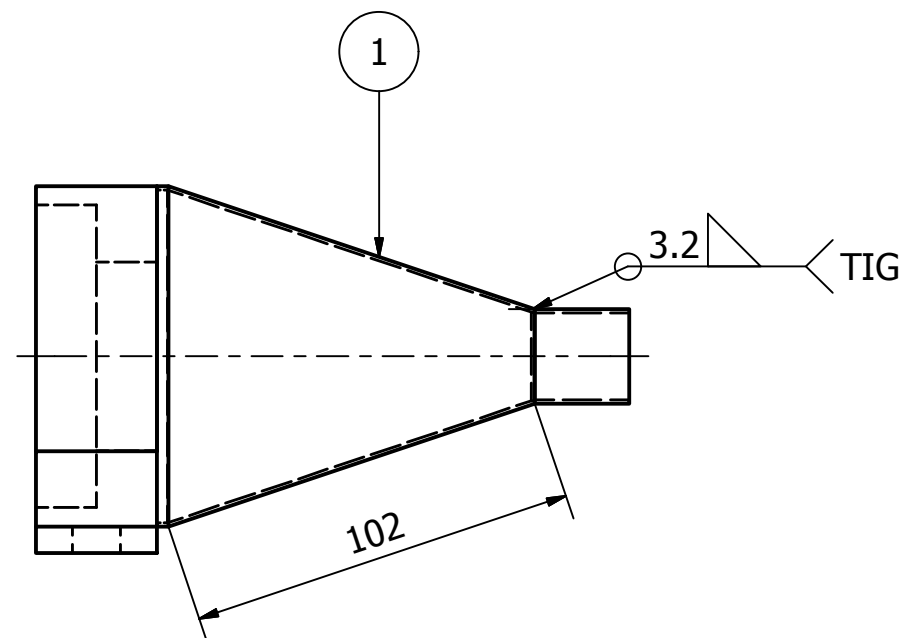
Detalle C ( 1 : 1 )



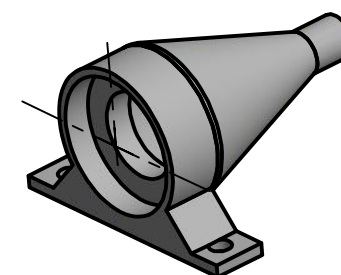
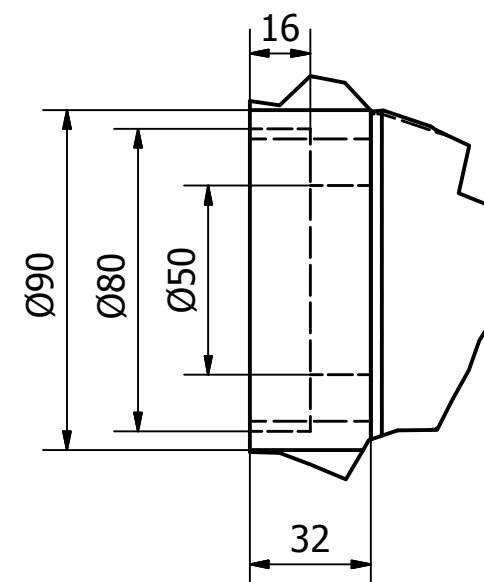
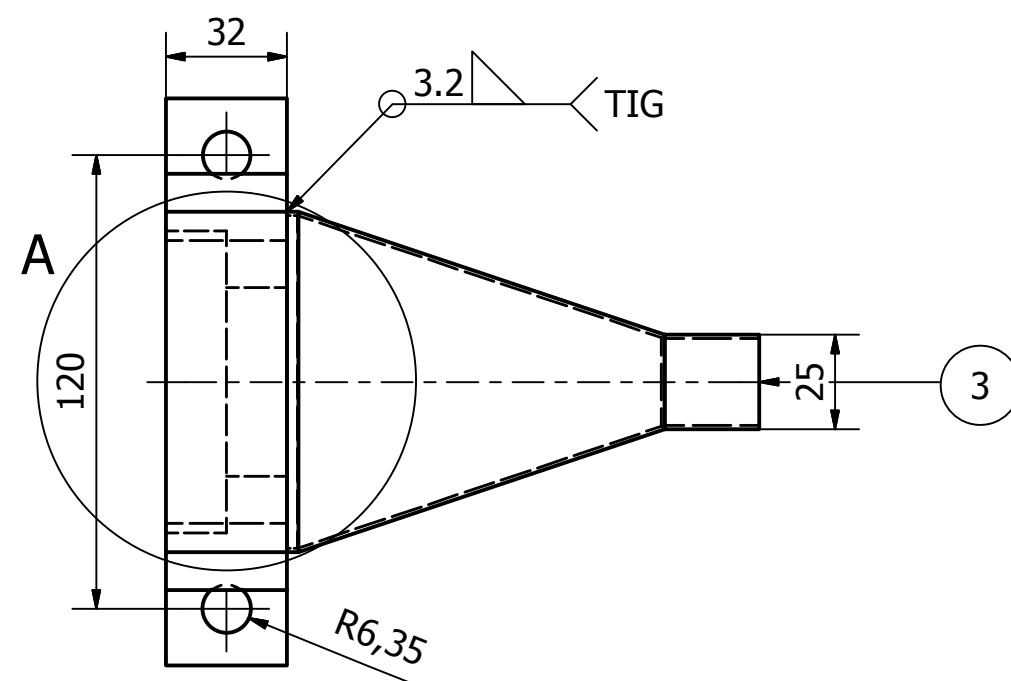
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 1256.63 x 30 x 3 mm	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Anillo		Escala: 1:10	Código:	8912168.00.08	Tol.: ±0.1



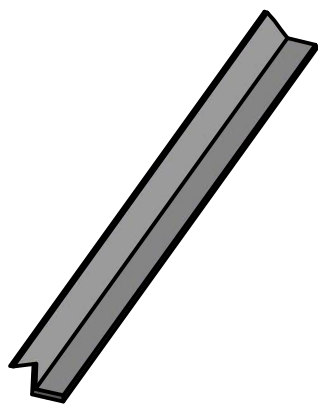
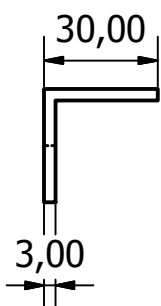
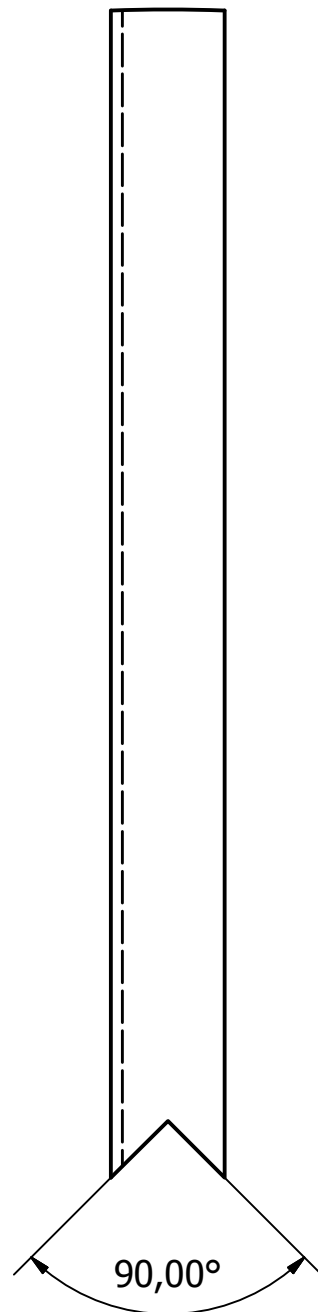
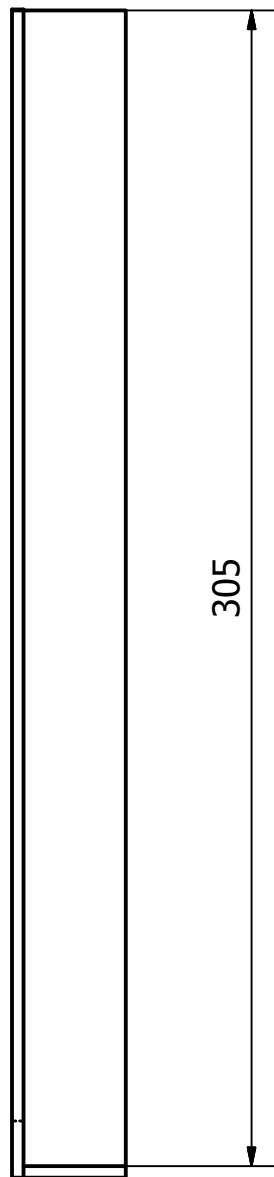
Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas Ø50x50x25 mm	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015
			Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015
Álabe		Escala: 1:1	Código:	8912168.00.09	Tol.: ±0.1



Detalle A ( 1 : 2 )



4	Base	1	AISI 304	Acero inoxidable	150 x 30 x 32 mm
3	Tubo	1	AISI 304	Acero inoxidable	Ø25, L=25 mm
2	Eje	1	AISI 304	Acero inoxidable	Ø90, L=34 mm
1	Reducción	1	AISI 304	Acero inoxidable	Ø90, L=100 mm
Ref.	Denominación	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S	Diseño	Andrés Cáceres
				Dibujó	Andrés Cáceres
				Revisó	Andrés Cáceres
Cono			ESCALA: 1:2	Código	8912168.01.10
					Tol.: ± 0.1



Tratamiento Térmico	NA	Material: Acero Inox. 304		Dimensiones Brutas 305x30x3	
Recubrimiento	NA				
CERRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseñó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
		Dibujó	Andrés Cáceres	21-04-2015	
		Revisó	Ing. Milton Jami	21-04-2015	
Travesaños		Escala: 1:2	Código:	8912186.00.11	Tol.: ±1